

## 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.** В дисертаційній роботі розглянуто питання об'єктивізації та автоматизації акустичної експертизи приміщень, призначених для мовленнєвих презентацій. Суттєвими недоліками суб'єктивного оцінювання акустичних властивостей приміщень є недостатня достовірність результатів такої експертизи, спричинена наявністю людського фактору, а також високі вимоги до людських, часових та фінансових ресурсів. Таких недоліків в значній мірі позбавлені інструментальні методи оцінювання, які дозволяють суттєво зменшити роль людського фактору й таким чином об'єктивувати акустичну експертизу. Разом із тим, впровадження інструментальних методів та систем оцінювання якості приміщень ускладнене існуванням низки проблем. Хоча іноземні та вітчизняні вчені зробили значний внесок у їх розв'язання, проте й досі існує низка питань, що є актуальними й вимагають додаткових зусиль для їх вирішення.

При застосуванні інструментальних методів акустичної експертизи приміщень проблемою є навіть значна кількість мір якості приміщення як каналу передачі мовленнєвої інформації. Окрім таких мір як рівень фонового шуму та час реверберації, це дуже велика (кілька тисяч) група мір якості мовленнєвих сигналів та низка мір розбірливості мовлення.

Важливою проблемою при оцінюванні часу реверберації, як однієї із мір якості приміщення, є наявність фонових акустичних завад. Це змушує суттєво ускладнювати алгоритми обчислень обвідної імпульсної характеристики приміщення. Ще більш важкою для розв'язання є задача сліпого оцінювання часу реверберації, коли в розпорядженні дослідника немає імпульсної характеристики приміщення, а є лише зразок запису мовленнєвого сигналу, зробленого в приміщенні.

Оскільки розбірливість мовлення тісно пов'язана із такою характеристикою, як якість мовленнєвого сигналу, доцільно поставити питання про принципову можливість та доречність використання простіших, з точки зору складності алгоритмів обчислень, мір якості замість мір розбірливості.

Ще однією нагальною проблемою є автоматизація суб'єктивного оцінювання розбірливості мовленнєвих сигналів. Від наявності та достовірності

такого оцінювання, результати якого є еталонними, залежить принципова можливість практичного використання об'єктивних мір розбірливості мовлення. Для української мови стандартизованих систем такого типу на сьогодні не існує, що робить актуальною розробку відносно простих, недорогих та надійних програмно-апаратних систем автоматизації суб'єктивного оцінювання розбірливості українського мовлення.

Таким чином, актуальність теми дисертаційної роботи Д.Є. Моторнюк, присвяченої розробці нових та вдосконаленню існуючих методів оцінки якості приміщення як каналу мовленнєвої комунікації, не викликає сумніву.

**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 перераховано задачі дослідження, описано методи дослідження, надана інформація про наукову новизну та практичне значення одержаних результатів. Надано інформацію про висвітлення результатів роботи в періодичних наукових виданнях та про апробацію на наукових конференціях та семінарах. Показано зв'язок отриманих результатів з планами застосування у освітньому процесі, а також особистий внесок дисертанта.

**Перший розділ** дисертаційної роботи присвячено огляду публікацій з моделювання та вимірювань імпульсної характеристики приміщення, впливу ранніх та пізніх відбиттів звуку на мовленнєвий сигнал, методів вимірювання часу реверберації та компенсації впливу реверберації, методів оцінювання якості та розбірливості мовлення. При цьому вказано на недостатнє висвітлення в літературі зв'язку між об'єктивними мірами якості та розбірливості мовлення. Обґрунтовано необхідність автоматизації артикуляційних випробувань для українського мовлення.

**У другому розділі** розглянуто вимірювання імпульсної характеристики і часу реверберації прямими методами, із використанням тестового сигналу. Запропоновано покращення алгоритму автоматичного оцінювання часу реверберації, що полягає у віконному, з перекриттям, аналізі запису імпульсної характеристики та регульованого обмеження зони використання цієї характеристики. Працездатність та точність запропонованого алгоритму експериментально перевірено при дослідженні акустичних параметрів учбових приміщень НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Крім того, розроблено рекомендації з коригування характеристик акустичної апаратури непрофесійного рівня якості при проведенні акустичних вимірювань із використанням штучної голови. Ефективність зазначених рекомендацій перевірена експериментально, шляхом оцінювання акустичних характеристик університетських аудиторій малого, середнього та великого розміру, а також шляхом перевірки узгодження отриманих результатів із літературними даними.

**В третьому розділі** представлено результати модернізації одного із алгоритмів сліпого вимірювання часу реверберації. Складність завдання полягає в тому, що при таких вимірюваннях в розпорядженні інженера є лише запис мовленнєвого сигналу, спотвореного реверберацією. В дисертаційній роботі запропоновано таке покращення зазначеного алгоритму, яке дозволило суттєво, майже в 2 рази, розширити діапазон вимірювання часу реверберації. Достовірність та точність отриманих результатів перевірена із використанням комп'ютерного моделювання, шляхом порівняння результатів алгоритму-прототипу, модернізованого алгоритму та результатів прямих вимірювань.

**В четвертому розділі** дисертаційної роботи представлено низку результатів, що стосуються об'єктивного та суб'єктивного оцінювання розбірливості мовлення. Зокрема, висвітлено особливості розробки апаратно-програмної системи для автоматизації артикуляційних випробувань при суб'єктивному оцінюванні розбірливості мовлення та наведено результати суб'єктивного оцінювання розбірливості мовлення. Використання розробленої системи дозволило зіставити результати оцінювання якості мовленнєвих сигналів із результатами оцінювання розбірливості мовлення та зробити висновки щодо принципової можливості використання простих, з точки зору об'єму обчислень, оцінок якості сигналів замість складних оцінок розбірливості мовлення. Представлено результати експериментального порівняння розбірливості мовлення при діотичному та діхотичному прослуховуванні мовленнєвих сигналів. Виконано порівняння впливу ранньої та пізньої реверберації на результати суб'єктивного оцінювання розбірливості мовлення. Представлено результати комп'ютерного моделювання впливу ранньої реверберації на розбірливість мовлення в залежності від структури імпульсної характеристики приміщення.

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

Дисертаційна робота Д.Є. Моторнюк, у відповідності із поставленою метою, спрямована на виявлення та використання резервних можливостей

підвищення якості акустичної паспортизації приміщень. Такими резервними можливостями є, зокрема, підвищення рівня автоматизації суб'єктивного оцінювання розбірливості українського мовлення в приміщенні. Що стосується об'єктивного (інструментального) оцінювання, це встановлення можливості використання акустичних систем непрофесійного рівня якості для акустичних вимірювань, поглиблене дослідження впливу ранніх відбиттів звуку на якість та розбірливість мовлення, встановлення закономірностей залежності розбірливості мовлення від місцезнаходження слухачів в аудиторіях різних розмірів.

В результаті виконання дисертаційного дослідження було вперше вказано на існування умов, за яких об'єктивні оцінки якості мовленнєвих сигналів можуть бути використані замість оцінок розбірливості мовлення. Це дозволяє суттєво спростити процедуру вимірювання розбірливості мовлення. Вдосконалення способів оцінювання часу реверберації прямим та сліпим методами дозволяє розширити границі застосування зазначених алгоритмів та підвищити ступінь автоматизації процедури вимірювань часу реверберації.

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

**Практичне значення результатів дисертаційної роботи Д.Є. Моторнюк** полягає у створенні уточнених аналітичних та комп'ютерних моделей впливу акустичних завод у вигляді шуму, ранніх та пізніх відбиттів звуку в приміщенні на якість мовленнєвих сигналів та на розбірливість мовлення. Зокрема, виявлення негативної дії ранніх відбиттів звуку на розбірливість мовлення в середній частині приміщень дозволяє обґрунтувати необхідність прийняття відповідних дій для нейтралізації виявленого ефекту. Вдосконалення алгоритмів оцінювання часу реверберації прямим та сліпим методами дозволяє розширити границі застосування зазначених алгоритмів та підвищити ступінь автоматизації акустичних вимірювань. Крім того, встановлено можливість суттєвого зниження ресурсомісткості артикуляційних випробувань шляхом підвищенні ступеня їх автоматизації. Встановлення принципової можливості використання мір якості мовленнєвого сигналу замість мір розбірливості мовлення дозволяє спростити процедуру оцінювання розбірливості мовлення.

**Обґрунтованість і достовірність наукових положень та висновків дисертаційної роботи** забезпечується обраними методами розв'язання поставлених задач та збігом теоретичних результатів із результатами експериментальних досліджень. Отримані результати можуть бути використані при прогнозуванні акустичних характеристик приміщень, що проектуються, а

також при акустичній паспортизації приміщень, що знаходяться в експлуатації або піддаються реновації.

**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.** Робота пройшла достатню апробацію, матеріали дисертаційних досліджень доповідалися та обговорювалися на 3 міжнародних науково-технічних конференціях IEEE.

**Відповідність роботи встановленим вимогам оформлення дисертацій.** Дисертаційна робота написана загальноприйнятною науковою мовою із використанням сучасної наукової термінології. Робота виконана на високому науковому рівні, є завершеною науковою працею, має суттєве практичне значення та містить рішення актуальної наукової задачі розвитку теоретичних засад акустичних вимірювань, спрямованих на акустичну паспортизацію приміщень, призначених для мовленнєвих презентацій. Зміст дисертації є достатньо виваженим та цілісним, робота відповідає темі досліджень, оформлення дисертаційної роботи відповідає встановленим вимогам.

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

Загалом дисертаційна робота Моторнюк Дар'ї Євгенівни за своїм змістом відповідає зазначеній спеціальності 171 «Електроніка», однак стосовно даної роботи можна зробити певні зауваження, а саме:

1. В розділі 1 дисертації, при висвітленні сучасного стану напряму акустичних вимірювань характеристик приміщень, дещо порушено принцип викладення матеріалу «від загального - до детального», що утруднює сприйняття матеріалу.
2. В розділах 2 та 3 дисертації надто стисло представлено запропоновані автором пропозиції із вдосконалення алгоритмів оцінювання часу реверберації прямим та сліпим методами. Надмірна лаконічність обґрунтувань та коментарів в даних випадках є недоречною, оскільки вказані дисертаційні матеріали містять очевидні елементи наукової новизни та практичної цінності.

3. Матеріали розділу 4 дисертації було б краще розбити на 2 розділи. По-перше, розділ 4 перевантажений, порівняно із розділами 2 та 3. По-друге, зміст окремих його підрозділів не зовсім добре відповідає назві розділу.
4. В роботі частина формул подана у форматі MathType, а частина – у форматі рисунків. Ця неоднорідність призводить до певної неестетичності текстового матеріалу.
5. В тексті дисертації спостерігаються окремі помилки та описки орфографічного та стилістичного характеру.

Наведені зауваження до роботи мають рекомендаційний характер і не знижують наукового та практичного значення роботи та не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації.

### Загальні висновки

На основі аналізу дисертації "Оцінка акустичних параметрів приміщення як каналу мовленнєвої комунікації" та опублікованих робіт автора вважаю, що Моторнюк Дар'я Євгенівна є сформованим науковим працівником, який здатний самостійно ставити та розв'язувати важливі задачі, що стосуються напряму акустичної експертизи та паспортизації приміщень для мовленнєвих презентацій. Дисертаційна робота, яка подана на здобуття ступеня доктора філософії, виконана на належному 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,  
завідувач відділу теоретичної  
електротехніки та діагностики  
електротехнічного обладнання  
Інституту електродинаміки НАН України

*[Підпис]* М.В. Мислович

*9 грудня 2021 р.*

підпис *Мисловича Д.Є.*  
завідувачу:  
Інституту електродинаміки  
Нац. Академії наук України



*Лафосська І.І.*