

## УДК 614.894.25

*С. І. Чеберячко<sup>1</sup>, д.т.н., професор, проф. каф. (ORCID: 0000-0001-5866-4393)*

*Ю. І. Чеберячко<sup>1</sup>, д.т.н., професор, проф. каф. (ORCID: 0000-0001-7307-1553)*

*Д. І. Радчук<sup>1</sup>, к.т.н., доцент, доц. каф. (ORCID: 0000-0001-8034-541X)*

*О. В. Дерюгін<sup>1</sup>, к.т.н., доцент, доц. каф. (ORCID: 0000-0002-2456-7664)*

*О. П. Шароватова<sup>2</sup>, к.п.н., доцент, доц. каф. (ORCID: 0000-0002-2736-2189)*

*Т. О. Луценко<sup>2</sup>, к.держ.упр., ст. викл. каф. (ORCID: 0000-0001-7373-4548)*

<sup>1</sup>Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

## ВПЛИВ ФІЛЬТРУВАЛЬНИХ РЕСПІРАТОРІВ НА РОЗБІРЛИВІСТЬ МОВЛЕННЯ

Визначено особливості погіршення розбірливості слів промовця, що перебуває у фільтрувальному респіраторі, під час спілкування через мобільний телефон. Для дослідження були використані три моделі фільтрувальних респіраторів другого класу захисту «Стандарт», «Респі», «IMASK», що серійно випускаються компанією НВП «Стандарт» з фільтрувального матеріалу елефлен. Встановлено, що у представлених моделях фільтрувальних респіраторів вплив на процес мовлення є незначним і коливається у межах статистичної похибки від 2 % до 11 %, що залежить від щільності фільтрувальних шарів матеріалів та ступеня прилягання півмаски фільтрувального респіратору до обличчя користувача, що може погіршувати міміку м'язів обличчя. З'ясовано, що зі збільшенням гучності промови слів їх розбірливість зростає, але на 70 дБ дестабілізується і майже не змінюється. Встановлено, що під час уповільнення темпу промови слів у два рази розбірливість мови у досліджуваних моделях фільтрувальних респіраторів покращується до 5 %. Загалом, використання фільтрувальних респіраторів погіршує розбірливість слів до 10 % при гучності промови 65–68 дБ і темпу мови 100–110 слів/хв., на що можуть впливати характеристики фільтрувального матеріалу. Однак, отриманий результат можна покращити, збільшуючи гучність і зменшуючи темп мовлення. Доведено, що найбільше на розбірливість слів впливає кількість фільтрувальних шарів, щільність фільтрувального матеріалу і ступінь прилягання фільтрувального респіратора до обличчя користувача. Найкращий результат показав фільтрувальний респіратор «Стандарт», оскільки за відгуками випробувачів він не стримував міміку обличчя. Запропоновані відповідні рекомендації для покращення розбірливості мови, навіть у випадках наявності додаткового фонового шуму, при спілкуванні у фільтрувальному респіраторі через мобільний телефон.

**Ключові слова:** фільтрувальний респіратор, мобільний телефон, темп промовляння, гучність промовляння, розбірливість слів

### 1. Вступ

Стрімке поширення пандемії COVID-19 змінило повсякденне життя людей. Зокрема, виникла необхідність постійного застосування захисних медичних масок і фільтрувальних респіраторів для захисту власного здоров'я. Це призводить до деяких незручностей при їх носінні: дискомфортні відчуття [1], неможливість встановити емоційні прояви [2, 3] та читання по губах [4]. Однак, найбільший вплив їх наявності здійснює на розбірливість мови, особливо за наявності фонового шуму [5]. За певних умов, а саме під час виконання робіт в умовах забрудненого середовища, – це стає одним із вагомих небезпечних чинників, що збільшує професійний ризик травмування або навіть смерті працівників. Очевидно, що наявність медичної маски або фільтрувального респіратора на обличчі користувача погіршує розбірливість і сприйняття мови [5]. Дедалі більше у повсякденному житті можна зустріти людину, яка спілкується мобільним телефоном стягнувши при цьому для зручності спілкування захисну маску з носа й рота на підборіддя. Якщо така людина перебуває серед скупчення людей (салон

автобусу, вагон метро, простір торговельного закладу та ін.), в якому присутня людина, хвора на COVID-19, то вона усвідомлено наражає себе на небезпеку зараження коронавірусом [6].

Враховуючи наведене, негативний вплив фільтрувального респіратора на розбірливість мовлення є актуальною проблемою.

## 2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Розбірливістю мови називають відносну чи відсоткову кількість правильно прийнятих слухачами елементів мови із загальної кількості сказаних [7]. На розбірливість мови впливають різні фактори: час реверберації, гучність мови, співвідношення рівня стороннього шуму (всередині приміщення або проникаючого зовні) та рівня гучності мови. Крім того, розбірливість залежить від впливу амплітудних та частотних характеристик звуку, спотворення і психоакустичних ефектів [8]. Оцінка впливу медичних масок або фільтрувальних респіраторів на розбірливість мови є досить актуальною, про що свідчить значна кількість наукових досліджень. Значний інтерес вивченню окресленого питання приділяють саме у медичній сфері, де одне незрозуміле слово під час лікування хворих чи проведення операції може дуже дорого коштувати. У роботах [4, 6, 9] наведено дослідження, що медична маска призводить до послаблення голосу від 2 до 12 дБ. При цьому у роботі [6] було заявлено, що більшість помилок з чіткості промови слів з боку промовця стає основною причиною погіршення розбірливості слів. Однією з дієвих рекомендацій, яку зробили автори роботи для покращення розбірливості мови, є застосування прозорих захисних півмасок, тобто півмасок з незначною щільністю. Однак, автори не повідомили, як саме респіратор погіршив вимову слів: можливо втрачалась гучність, чи відбувалось їх спотворення через утруднення процесу видихання дихання. Крім того, була відсутня інформація, на скільки щільність упакування волокон у фільтрувальному матеріалі, який застосовувався для виготовлення цих захисних пристроїв, погіршує характеристики звуку фільтрувальних матеріалів. Причинами послаблення голосу, що відмічено і у роботі [9], можуть бути також технічні параметри респіраторів, які пов'язані зі структурою фільтрувальних матеріалів та фільтрувальних респіраторів, що робить такі дослідження доволі складними. Однак, автори не врахували питання: наскільки поверхнева щільність фільтрувального матеріалу зменшує гучність промови слів.

У роботі [10] автори навели результати актуального дослідження щодо впливу респіраторів на сприйняття мовлення у людей з вадами слуху. Встановлено, що використання респіратора доволі значно погіршувало розбірливість мови із зазначеними обмеженнями. У той же час було показано, що застосування прозорих масок значно покращувало ситуацію у слухачів із вадами слуху, ймовірно, через їх покращення сприйняття слів за губами. Тому, автори запропонували під час використання звичайних півмасок користуватись невербальними засобами передачі інформації. Однак, залишилось не вирішеним питання, що роботи у випадку розмови по телефону, чи, можливо, у подібних випадках краще скористатись письмовими повідомленнями.

В іншому дослідженні вказується, що у людей із нормальним слухом [11] під час аудіо прослуховування спікера, який промовляв деякий текст у півмасці, індекс передачі мови погіршився до 30–35 %, що зумовлено наявністю додаткового фонового шуму й різними частотними спектрами записів. Однак,

дослідження було обмежене використанням записів одного виконавця, голос якого був «надзвичайно артикульованим і чітким», що не зустрічається при звичайному спілкуванні.

У наступному дослідженні [12] визначалась ефективність пристроїв з підсилення голосу у масках фільтрувальних протигазів. Було показано, що вони лише частково покращують комунікаційні перешкоди. На жаль, авторами не було вказано, на якій відстані проводилось дослідження між спікерами, що не дозволяє зрозуміти, саме чому додаткові пристрої не дозволили отримати відповідний рівень розбірливості мови. Причиною цього може бути недосконале планування з проведення експериментів щодо впливу дистанції на чіткість промовляння, що робить відповідні дослідження неповними.

Деякі автори [13, 14, 15, 16] вивчали акустичний вплив різних типів засобів індивідуального захисту органів дихання, які застосовують медичні працівники, – від звичайних медичних масок до захисних пластикових масок та щитків – шляхом вимірювання рівня звуку. Результатом став загальний висновок щодо зниження звукопередачі звичайними медичними масками саме в нижніх акустичних частотах на 2–4 дБ, тоді як пластикові маски та захисні щитки від бризок ослабляють звук в середніх частотах до 20 дБ.

На жаль, у проаналізованих дослідженнях існує один загальний недолік, який полягає у відсутності інформування погіршення мовлення через відео-аудіо зв'язок, який зараз є досить поширеним. Причиною цього можуть бути організаційні труднощі, що робить дані дослідження неповними і досить актуальними в даний час.

Зазначену задачу з оцінки впливу медичних масок на розуміння мовлення під час відеозв'язку було досліджено у роботі [17]. Наведений онлайн-експеримент імітував реальний відеодзвінок із кількома спікерами у масках, та показав погіршення сприйняття слів до 40 %, що пов'язано, на думку авторів, і зі спотвореннями самого відеозв'язку. Однак, у роботі не розглядалась ні оцінка гучності промовляння слів, ні частотний діапазон.

Таким чином, не вирішеною частиною розглянутої проблеми є відсутність даних щодо впливу фільтрувального респіратора на сприйняття мови співрозмовником під час спілкування телефоном.

### **3. Мета та завдання дослідження**

Метою даної роботи є дослідження впливу використання фільтрувального респіратора промовцем на погіршення розбірливості слів під час спілкування мобільним телефоном.

Для досягнення поставленої мети вирішення потребували наступні завдання:

1. Розробити процедуру дослідження з розбірливості слів у фільтрувальних респіраторах під час використання мобільного телефону.
2. Визначити величину погіршення розбірливості мовлення у фільтрувальних респіраторах.
3. Дослідити вплив рівня гучності і темпу мовлення на розбірливість слів у фільтрувальних респіраторах.

### **4. Матеріали та методи дослідження**

В експериментальному дослідженні взяли участь 20 здобувачів вищої освіти НТУ «Дніпровська політехніка» віком від 18 до 22 років (10 чоловіків і 10 жінок).

Кожен з учасників пройшов короткий тест на перевірку вміння спілкуватись українською мовою [18]. Усі учасники дали письмову згоду на участь у випробуваннях та підтверджували, що не мають медичних протипоказань та вад слуху.

Для процедури дослідження розбірливості слів промовця, що перебуває у фільтрувальному респіраторі, під час спілкування через мобільний телефон пропонувалось вимовляти ключові слова з тесту С. Рубінштейна для перевірки пам'яті.

Для дослідження були використані фільтрувальні респіратори другого класу захисту «Стандарт», «Респі», «IMASK», що серійно випускаються компанією НВП «Стандарт» з фільтрувального матеріалу елефлен, а також мобільні телефони моделі «XiaomiRedmi9 4/64GB» з розмірами 163,32×77,01 мм, ноутбуки моделі «Huawei Mate Book D 14 AMD» та аналізатор спектра шуму WALCOM SL-5868F.

Проведення експериментальних досліджень передбачалось у два етапи. Учасники на першому етапі вільно користувались мобільним телефоном, який знаходився біля вуха слухачів і промовців, а на другому етапі – телефон був переведений на гучний зв'язок та розміщувався на відстані 50 см від випробувачів. Обидва учасники групи (промовець та слухач) увесь час знаходились в фільтрувальних респіраторах однієї моделі.

## **5. Розробка процедури дослідження розбірливості слів у фільтрувальних респіраторах**

Після короткого інструктажу з виконання тесту учасники експерименту були розділені на 10 груп по 2 людини в кожній (1 промовець та 1 слухач). Учасники по чергово розміщувались в двох різних кімнатах так, щоб не могли чути один одного. Їм був наданий список з десяти однакових ключових слів, взятих з тесту С. Рубінштейна для перевірки пам'яті [19]. Групи учасників змінювались по чергово, поки усі 10 груп не провели тестування. Безпосередньо перед тестом було проведено коротке тренування з гучності промовляння в 65–68 дБ, темпу промовляння слів та розуміння виконання самої процедури дослідження.

У кожній кімнаті був мобільний телефон і ноутбук. На екрані ноутбука промовця випадковим чином з'являлись слова, які він в одягненому фільтрувальному респіраторі повідомляв через мобільний телефон слухачеві в іншій кімнаті (рис. 1). Почувши слово, слухач його повторював у телефон у відповідь. У разі правильного вимовляння промовець повідомляв про це слухачеві і робив відповідну позначку в таблиці (табл. 1), яка знаходилась на екрані ноутбука. В іншому випадку промовець говорив, що слово не правильне.

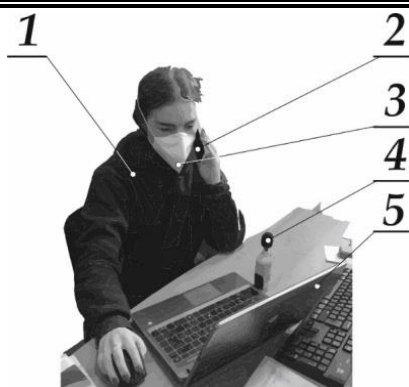


Рис. 1. Експериментальне дослідження впливу фільтрувального респіратору на розбірливість слів: 1 – учасниця експерименту; 2 – мобільний телефон; 3 – фільтрувальний респіратор; 4 – шумомір; 5 – ПЕОМ

Під час промови слів за допомогою шумоміру (аналізатор спектра шуму WALCOM SL-5868F) контролювали гучність голосу, яка знаходилась у діапазоні 65–68 дБ із темпом промовляння 100–110 слів/хв. У разі невідповідності голосового повідомлення вказаному діапазону навчальне слово замінювалось іншим. Після того, як всі слова були вимовлені, слухач і промовець мінялися ролями. Другий учасник мав інший набір з десяти слів, що з'являлись на екрані комп'ютера, і знову була виконана вище описана послідовність дій з розпізнавання слів.

Табл. 1. Приклад заповнення таблиці для визначення погіршення мовлення промовця у фільтрувальному респіраторі під час спілкування через мобільний телефон

Ключове слово	Гучність промовляння промовцем, дБ	Позначка про відповідне сприйняття ключового слова слухачем	
		правильно	не правильно
пес	65	+	
ложка	66	+	
лялька	65	+	
цукерка	68		-
годинник	67	+	

Після проходження всіма учасниками описаної процедури дослідження продовжили, але зі зміною темпу промовляння слів: швидкого – 150–160 слів/хв. і низького 50–60 слів/хв. Додатково провели дослідження для визначення впливу гучності промовляння слів у діапазоні від 50 дБ до 70 дБ при нормальному темпі промовляння.

Величину погіршення мовлення у фільтрувальному респіраторі оцінювали за формулою:

$$Q = 1 - \sum_{i=1}^N \frac{p_i}{p_p}, \quad (1)$$

де  $N$  – кількість учасників експериментального дослідження;  $p_i$  – кількість правильно зрозумілих слів слухачем;  $p_p$  – загальна кількість слів, яка вимовлялась одним промовцем.

Для дослідження були використані три моделі фільтрувальних респіраторів другого класу захисту «Стандарт», «Респі», «IMASK» (рис. 2), які серійно

випускаються компанією НВП «Стандарт» з фільтрувального матеріалу елефлен.



Рис. 2. Фільтрувальні респіратори: а – «Стандарт»; б – «Респі»; в – «iMASK»

Фільтрувальні респіратори, що складаються з трьох фільтрувальних шарів представлені на рис. 3.

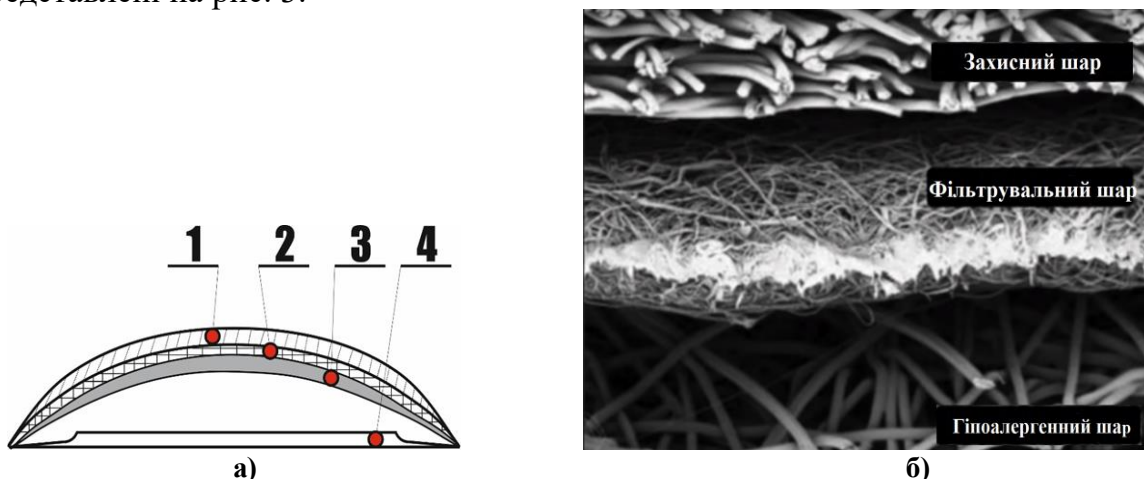


Рис. 3. Конструкція фільтрувального респіратора: 1 – зовнішній захисний шар; 2 – попередній фільтр; 3 – основний фільтр; 4 – гіпоалергенний шар

Дані моделі різного конструктивного виконання. Фільтрувальні респіратори складаються з трьох фільтрувальних шарів різної щільності упакування волокон в діапазоні від 80 до 120 г/см<sup>2</sup>.

## 6. Визначення величини погіршення розбірливості мовлення у фільтрувальних респіраторах

У табл. 2 наведені результати визначення величини погіршення розбірливості мовлення для кожної моделі фільтрувального респіратора. Аналіз даних показує, що вплив представлених моделей фільтрувальних респіраторів на процес мовлення є незначним і коливається в межах статистичної похибки від 2 % до 11 %.

Табл. 2. Результати визначення величини погіршення розбірливості мовлення для кожної моделі фільтрувального респіратора

Модель фільтрувального респіратора	Величина розбірливості мови без фільтрувального респіратора, %	Величина погіршення розбірливості мови з одягненим фільтрувальним респіратором на обличчі промовця, %	Середня величина розбірливості мови у фільтрувальному респіраторі, %

		на гучномовці	біля вуха	
«Стандарт»	98,5±0,25	4,5±0,10	2,5±0,06	95
«Респі»		11,5±0,20	5,5±0,05	90
«IMASK»		8,5±0,15	6,5±0,05	91

Для порівняння була визначена розбірливість почутих слів без використання фільтрувального респіратору, яка склала 98,5 %, тоді як у промовця із одягненим фільтрувальним респіратором вона коливалась від 87 % до 94 % з мобільним телефоном на гучномовці та від 92 % до 96 %, коли мобільний телефон був розташований біля вуха. Серед перевірених моделей найкращі показники розбірливості слів були зафіксовані у фільтрувальних респіраторах моделі «Стандарт», дещо гірші показники – у моделей «Респі» та «IMASK». Вочевидь це пов'язано із щільністю прилягання півмаски фільтрувального респіратора до обличчя користувача. Наприклад, під час проведення лабораторних випробувань фільтрувальних респіраторів на добровольцях з визначення коефіцієнта підсмоктування за тест-аерозолем хлориду натрію, відповідно до вимог стандарту ДСТУ EN 149:2017, порівняно високий коефіцієнт проникнення частіше фіксується саме під час промовляння алфавіту [20]. Цей факт саме і пояснює те незначне погіршення розбірливості мови у двох інших моделях фільтрувальних респіраторів.

На рис. 4 показані усереднені значення величини розбірливості мови у фільтрувальних респіраторах різних моделей і без них при спілкуванні мобільним телефоном. Аналіз результатів дослідження показує, що наявність фільтрувального респіратора призводить до 10 % погіршення розбірливості слів.

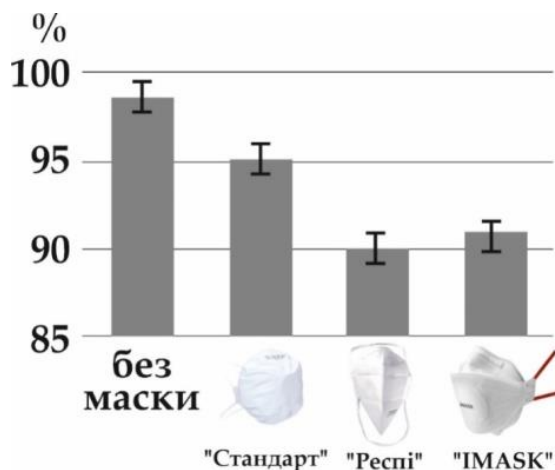


Рис. 4. Величина розбірливості мовлення без використання і з використанням фільтрувального респіратора різних моделей при спілкуванні мобільним телефоном

## 7. Дослідження гучності і темпу мовлення на розбірливість слів у респіраторах

Наступним етапом було дослідження впливу гучності на розбірливість мовлення при спілкуванні мобільним телефоном. Результати дослідження представлені на рис. 5. Отримані дані, як і передбачалось, вказують, що зі збільшенням гучності промови слів їх розбірливість зростає, але на 70 дБ вона стабілізується і майже не змінюється. Дослідження для гучності більше 80 дБ не проводились із медичних міркувань, оскільки вважається, що перевищення вказаної величини може призводити до погіршення слуху.

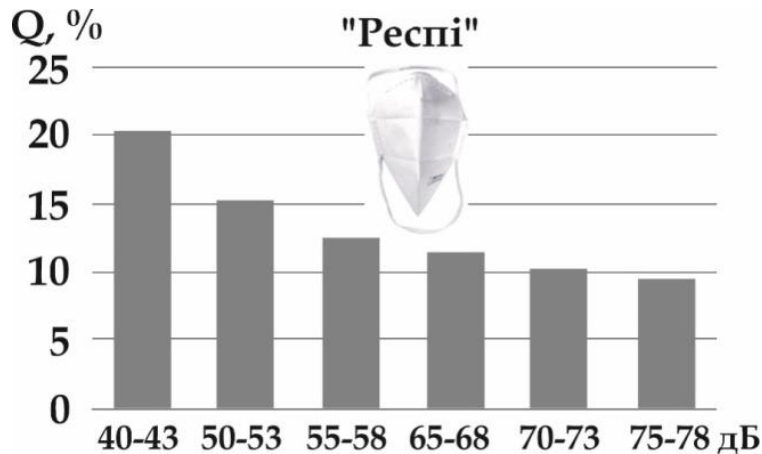


Рис. 5. Величина погіршення розбірливості слів у фільтрувальному респіраторі моделі «Респі» виходячи із гучності промови

Найбільше на розбірливість слів впливає темп промови слів (рис. 6). Вважається, що найкращим для сприйняття слів є середній темп промови слів (100–110 слів/хв.) [21]. Якщо його зменшити у два рази, то розбірливість слів покращується на 4 %, що є доволі гарним показником, зважаючи на отримані результати у порівнянні зі швидкою промовою слів (до 140–150 слів/хв.).

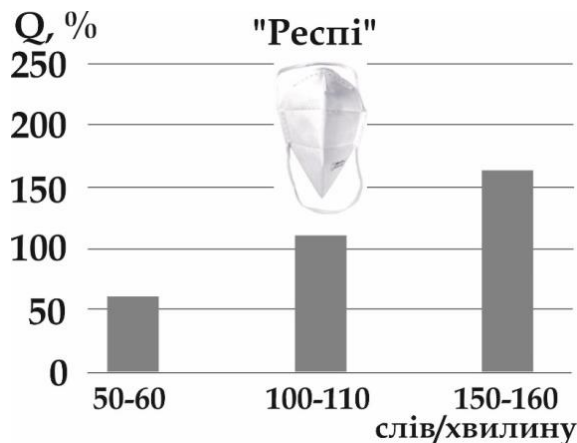


Рис. 6. Величина погіршення розбірливості слів у фільтрувальному респіраторі моделі «Респі» виходячи із темпу мовлення

Як і очікувалось, використання фільтрувальних респіраторів погіршує розбірливість слів до 10 % при гучності промови 65–68 дБ і темпу мови 100–110 слів/хв., на що можуть впливати характеристики фільтрувального матеріалу [22, 23]. Однак, отриманий результат можна покращити, збільшуючи гучність і зменшуючи темп мовлення. На наш погляд, найбільше на розбірливість слів впливає кількість фільтрувальних шарів, щільність фільтрувального матеріалу і ступінь прилягання фільтрувального респіратора до обличчя користувача. Зроблені висновки витікають з параметрів перевірних моделей фільтрувальних респіраторів. Кращий результат серед представлених моделей фільтрувальних респіраторів отримав фільтрувальний респіратор моделі «Стандарт», оскільки за відгуками випробувачів він не стримував міміку обличчя.

## 8. Обговорення результатів дослідження впливу фільтрувальних респіраторів на розбірливість мовлення



У результаті проведеного експерименту з визначення погіршення розбірливості слів промовця, що знаходиться у фільтрувальному респіраторі, під час спілкування через мобільний телефон було показано, що вплив на процес мовлення є незначним і коливається в межах статистичної похибки від 2 % до 11 %, який залежить від щільності фільтрувальних шарів матеріалів та ступеня прилягання півмаски фільтрувального респіратора до обличчя користувача, що може погіршувати міміку м'язів обличчя користувача. Отриманий результат відрізняється від деяких наведених висновків у вище проаналізованих роботах через те, що була чітко розроблена процедура дослідження з розбірливості слів у респіраторах під час використання мобільного телефону, яка була заснована на списку із десяти однакових ключових слів, взятих з тесту С. Рубінштейна для перевірки пам'яті. Крім того, було виявлено, що погіршення розбірливості слів перш за все залежить від типу фільтрувального матеріалу, що використовується в конструкції фільтрувальних респіраторів, а саме його щільності упакування й товщини фільтрувального шару. У всіх представлених моделях використовувався однаковий фільтрувальний матеріал, виготовлений з розчину поліпропілену, який характеризується низьким коефіцієнтом звукопоглинання, особливо на середніх звукових частотах (1000–2000 Гц). З іншого боку, проведені дослідження дозволили пов'язати щільність упакування волокон і товщину фільтрувального шару з величиною погіршення розбірливості мови, а також розробити рекомендації щодо забезпечення раціонального темпу і гучності промови слів, щоб слухач чітко зрозумів одержану інформацію від промовця. У той же час фільтрувальні респіратори представлених моделей ніколи в подібних дослідженнях не були задіяні, що також дозволяє майбутнім споживачам провести коригування щодо їх вибору відповідно до умов застосування.

Наведені результати дозволяють зробити висновок і про вплив форми фільтрувального респіратора, що також відіграє певну роль. Отже, респіратори сферичної форми (модель «Стандарт») мають найменший вплив на чіткість промовляння, оскільки не обмежують мімічні рухи обличчя та величину розкриття рота. У той же час респіратори пласкої форми (модель «Respi»), через свої конструктивні особливості, менш призначені для використання під час розмови, оскільки фони мають чіткий розмір, що не може плавно змінюватись зі зміною мімічних рухів обличчя користувача. Тому необхідно вимагати від виробників фільтрувальних респіраторів додати у інструкцію з експлуатації ЗІЗОД рекомендації щодо гучності та темпу промовляння для користувача, оскільки за наявності фільтрувального респіратора необхідно підлаштовуватись під умови промовляння в масці.

Для досягнення максимальної розбірливості слів пропонуємо користувачам півмасок або фільтрувальних респіраторів звернути увагу на два основні шляхи, які забезпечать відповідну розбірливість мови – навіть у випадках наявності додаткового фонового шуму: виготовляти півмаски з переговорними мембранами; зменшити залежність від вербальної комунікації, наприклад, обрати письмову передачу інформації.

На жаль, проведене дослідження має обмеження щодо встановлення погіршення звукопередачі у відповідних октавних смугах, що дозволить у подальшому ефективно підбирати фільтрувальні шари різної товщини для виготовлення фільтрувальних респіраторів, щоб забезпечити не тільки захисні

властивості відповідно до вимог стандарту, а й мінімальний вплив на розбірливість слів. Вказане обмеження є основним завданням для подальших досліджень, які будуть орієнтовані на виявлення коефіцієнта звукопоглинання матеріалів для фільтрувальних півмасок.

## 9. Висновки

1. Запропоновано процедуру дослідження розбірливості слів у фільтрувальних респіраляторах під час використання мобільного телефону, яка базується на визначенні чіткості промовляння ключових слів. Дана процедура може бути застосовна на підприємствах при зміні фільтрувальних респіраторів для використання.

2. Визначено, що у представлених моделях фільтрувальних респіраторів вплив на процес мовлення є незначним і коливається в межах статистичної похибки від 2 % до 11 %, який залежить від щільності фільтрувальних шарів матеріалів та ступеня прилягання півмаски фільтрувального респіралятора до обличчя користувача, що може погіршувати міміку м'язів обличчя користувача. Для порівняння була визначена розбірливість почутих слів без використання фільтрувального респіралятора, яка склала 98,5 %, тоді як у промовця із одягненим фільтрувальним респіратором вона коливалась від 87 % до 94 % з мобільним телефоном на гучномовці та від 92 % до 96 %, коли мобільний телефон був розташований біля вуха.

3. Отримані дані вказують, що зі збільшенням гучності промови слів їх розбірливість зростає, але на 70 дБ вона стабілізується і майже не змінюється. Найбільше на розбірливість слів впливає темп промови слів. Вважається, що найкращим для сприйняття слів є середній темп промови слів (100–110 слів/хв.). Якщо його зменшити у два рази, то розбірливість слів покращується на 4 %, що є доволі гарним показником, зважаючи на отримані результати у порівнянні зі швидкою промовою слів (до 140–150 слів/хв.). Встановлено, що на погіршення розбірливості слів впливає рівень гучності і темпу мовлення, зокрема використання фільтрувальних респіраторів погіршує розбірливість слів до 10 % при гучності промови 65–68 дБ і темпу мови 100–110 слів/хв., однак, збільшення гучності промови до 70 дБ, стабілізує розбірливість слів на одному рівні. У той же час зменшення темпу промови слів у два рази підвищує розбірливість мови у досліджуваних моделях фільтрувальних респіраторів до 5 %. Форма фільтрувального респіралятора також має вплив на чіткість промовляння. Це обумовлено їх здатністю змінювати свою форму разом з мімічними рухами обличчя користувача.

## Література

1. Scarano A., Inchingolo F., Lorusso F. Facial skin temperature and discomfort when wearing protective face masks: thermal infrared imaging evaluation and hands moving the mask. *International journal of environmental research and public health*. 2020. 17(13). P. 4624. doi: 10.3390/ijerph17134624
2. Tardif J., Fiset D., Zhang Y., Estéphan A., Cai Q., Luo C., Sun D., Gosselin F., Blais C. Culture shapes spatial frequency tuning for face identification. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 2017. 43(2). P. 294–306. doi: 10.1037/xhp0000288
3. Carbon C-C. Wearing Face Masks Strongly Confuses Counterparts in Reading

Emotions. *Frontiers in Psychology*. 2020. 11. P. 566886. doi: 10.3389/fpsyg.2020.566886

4. Atcherson S. R., Mendel L. L., Baltimore W. J., Patro C., Lee S., Pousson M., Spann M. J. The effect of conventional and transparent surgical masks on speech understanding in individuals with and without hearing loss. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2017. 28. P. 58–67. doi: 10.3766/jaaa.15151

5. Rahne T., Fröhlich L., Plontke S., Wagner L. Influence of surgical and № 95 face masks on speech perception and listening effort in noise. *PLoS ONE*. 2021. 16(7). e0253874. doi: 10.1371/journal.pone.0253874

6. Sommerstein R., Fux C. A., Vuichard-Gysin D., Abbas M., Marschall J., Balmelli C., Troillet N., Harbarth S., Schlegel M., Widmer A., Balmelli C., Eisenring M.-C., Harbarth S., Marschall J., Pittet D., Sax H., Schlegel M., Schweiger A., Senn L., Troillet N., Widmer A.F., Zanetti G. Risk of SARS-CoV-2 transmission by aerosols, the rational use of masks, and protection of healthcare workers from COVID-19. *Antimicrobial resistance & infection control*. 2020. 9. C. 100. doi: 10.1186/s13756-020-00763-0

7. Вітер М. В., Куш С. М. Оцінка розбірливості мови на основі формантно-модуляційного методу. XIII Всеук. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих учених, 21–23 травня 2015 р. м. Київ. С. 1–2. Available online: <http://ptmip.ipt.kpi.ua/wp-content/uploads/sites/6/2014/06/viter.pdf>.

8. Карамзіна Л. А. Психофізіологічні моделі відчуття і сприйняття мовних сигналів: в чому різниця відтворення. *Український журнал медицини*. 2016. 1(1). С. 58–61. Available online: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ujmbs\\_2016\\_1\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ujmbs_2016_1_14).

9. Mendel L. L., Gardino J. A., Atcherson S. R. Speech understanding using surgical masks: a problem in health care. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2008. 19. P. 686–695. doi: 10.1371/journal.pone.0253874

10. Grange J. A., Culling J. F. The benefit of head orientation to speech intelligibility in noise. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2016. 139. P. 703–712. doi: 10.1121/1.4941655

11. Hampton D., Culp-Roche A., Hensley A., Wilson J., Otts J. A., Thaxton-Wiggins A., Fruh S., Moser D.K. Self-efficacy and satisfaction with teaching in online courses. *Nurse educator*. 2020. 45(6). P. 302–306. doi: 10.1097/NNE.0000000000000805

12. Coyne K. M., Barker D. J. Speech intelligibility while wearing full-facepiece air-purifying respirators. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. 2014. 11(11). P. 751–756. doi: 10.1080/15459624.2014.908257

13. Corey R. M., Jones U., Singer A. C. Acoustic effects of medical, cloth, and transparent face masks on speech signals. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2020. 148. P. 2371. doi: 10.1121/10.0002279

14. Goldin A., Weinstein B., Shiman N. How do medical masks degrade speech reception. *Hearing Review*. 2020. 27. P. 8–9. Available online: <https://hearingreview.com/hearing-loss/health-wellness/how-do-medical-masks-degrade-speech-reception>

15. Saeidi R., Huhtakallio I., Alku P. Analysis of face mask effect on speaker recognition. *INTERSPEECH*. 2016. P. 1800–1804. doi: 10.21437/Interspeech.2016-518

16. Munro K., Stone M. The challenges of facemasks for people with hearing loss. *ENT & audiology*. 2020. Available at: <https://www.entandaudiologynews.com/features/audiology-features/post/the-challenges-of-facemasks-for-people-with-hearing-loss>

17. Тест на спілкування українською мовою. [Електронний ресурс] / Civil Security. DOI: 10.52363/2524-0226-2022-36-17

Український культурний фонд. Електрон. дані. Available at: <https://www.moiamova.in.ua/>. Назва з екрану. Дата перегляду: 08.06.2022.

18. Saunders G. H., Jackson I. R., Visram A. S. Impacts of face coverings on communication: An indirect impact of COVID-19. *International journal of Audiology*. 2020. 60(7). P. 495–506. doi: 10.1080/14992027.2020.1851401

19. Waters A. M., LeBeau R. T., Craske M. G. Experimental psychopathology and clinical psychology: an integrative model to guide clinical science and practice. *Psychopathology review*. 2017. 4(2). P. 112–128. doi: 10.5127/pr.038015

20. Atcherson S. R., Mendel L. L., Baltimore W. J., Patro C., Lee S., Pousson M., Spann M. J. The effect of conventional and transparent surgical masks on speech understanding in individuals with and without hearing loss. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2017. 28. P. 58–67. doi: 10.3766/jaaa.15151

21. Максименко С., Терлецька Л., Главник О. Психологічний інструментарій. Пам'ять дитини. К.: Главник, 2004. 112 с. Available at: [https://library.udpu.edu.ua/library\\_files/ece/6660\\_01.pdf](https://library.udpu.edu.ua/library_files/ece/6660_01.pdf)

22. Doutres O., Salissou Ya., Atalla N., Panneton R. Evaluation of the acoustic and non-acoustic properties of sound absorbing materials using a three-microphone impedance tube. *Applied acoustics*. 2010 . 71. P. 506–509. Available at: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00508767>

23. Chodosh J., Weinstein B. E., Blustein J. Face masks can be devastating for people with hearing loss [Editorial]. *British Medical Journal*. 2020. 370. m2683. doi: 10.1136/bmj.m2683

*S. I. Cheberiachko<sup>1</sup>, DSc, Professor, Professor of the Department*

*Yu. I. Cheberiachko<sup>1</sup>, DSc, Professor, Professor of the Department*

*D. I. Radchuk<sup>1</sup>, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department*

*O. V. Deryugin<sup>1</sup>, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department*

*O. P. Sharovatova<sup>2</sup>, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department*

*T. O. Lutsenko<sup>2</sup>, PhD, Senior Lectures of the Department*

<sup>1</sup>*Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine*

<sup>2</sup>*National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine*

## INFLUENCE OF FILTER RESPIRATORS ON SPEECH REASONABILITY

The deterioration of the intelligibility of the words was determined during communication by mobile phone of the speakers in the filter respirator. There were 20 speakers graduates (male and female) aged 18 to 22 years who had participated in the research. They took turns in the room with a mobile phone and a laptop. The random words was appeared on the screen of devices which speakers in a filter respirator, told the listener in another room by a mobile phone located at a certain distance and near the ear. Hearing the word, the listener repeated it on the phone. Additionally, the following were controlled: the volume of the speech – with a noise level meter and the distance of the phone from the speaker – with a ruler. It was found that in the presented models of filter respirator the impact on the speech process is insignificant and ranges from statistical error from 2 % to 11 %. It is depend on the density of filter layers of materials and the degree of adhesion of the filter respirator to the user's face, which can affect facial expressions. Clarified when the volume of speech increases, their intelligibility increases too, but on the level of 70 dB it destabilizes and almost does not change. Studies have testified, when the rate of speech slows down twice, the intelligibility of participant's language which using filter respirator improves to 5 %. There are some recommendations for improving speech intelligibility during communicating by mobile phone using a filter respirator.

**Keywords:** filter respirator, mobile phone, rate of speech, volume of speech, intelligibility of words

## References

1. Scarano, A., Inchingolo, F., Lorusso, F. (2020). Facial skin temperature and discomfort when wearing protective face masks: thermal infrared imaging evaluation and hands moving the mask. *International journal of environmental research and public health*, 17(13), 4624. doi: 10.3390/ijerph17134624
2. Tardif, J., Fiset, D., Zhang, Y., Estéphan, A., Cai, Q., Luo, C., Sun, D., Gosselin, F., Blais, C. (2017). Culture shapes spatial frequency tuning for face identification. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. Nov, 43(2): 294–306. doi: 10.1037/xhp0000288
3. Carbon, C-C. (2020). Wearing Face Masks Strongly Confuses Counterparts in Reading Emotions. *Frontiers in Psychology*, 11, 566886. doi: 10.3389/fpsyg.2020.566886
4. Atcherson, S. R., Mendel, L. L., Baltimore, W. J., Patro, C., Lee, S., Pousson, M., Spann, M. J. (2017). The effect of conventional and transparent surgical masks on speech understanding in individuals with and without hearing loss. *Journal of the American Academy of Audiology*, 28, 58–67. doi: 10.3766/jaaa.15151
5. Rahne, T., Fröhlich, L., Plontke, S., Wagner, L. (2021). Influence of surgical and № 95 face masks on speech perception and listening effort in noise. *PLoS ONE*, 16(7), e0253874. doi: 10.1371/journal.pone.0253874
6. Sommerstein, R., Fux, C. A., Vuichard-Gysin, D., Abbas, M., Marschall, J., Balmelli, C., Troillet, N., Harbarth, S., Schlegel, M., Widmer, A., Balmelli, C., Eisenring, M. C., Harbarth S., Marschall J., Pittet D., Sax H., Schlegel M., Schweiger A., Senn L., Troillet N., Widmer A. F., Zanetti G. (2020). Risk of SARS-CoV-2 transmission by aerosols, the rational use of masks, and protection of healthcare workers from COVID-19. *Antimicrobial resistance & infection control*, 9, 100. doi: 10.1186/s13756-020-00763-0
7. Viter, M. V., Kush, S. M. (2015). Otsinka rozbirlyvosti movy na osnovi formantno-modulyatsiynoho metodu [Assessment of speech intelligibility based on the formant-modulation method]. XIII All-Ukrainian scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists, 1–2. Available online: <http://ptmip.ipt.kpi.ua/wp-content/uploads/sites/6/2014/06/viter.pdf>
8. Karamzina, L. A. Psykho-fiziologichni modeli vidchuttya i spryynyattya movnykh syhnaliv: v chomu riznytsya vidtvorennya [Psychophysiological models of sensation and perception of speech signals: what is the difference in reproduction]. *Ukrainian Journal of Medicine*, 1(1), 58–61. Available online: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ujmbs\\_2016\\_1\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ujmbs_2016_1_14)
9. Mendel, L. L., Gardino, J. A., Atcherson, S. R. (2008). Speech understanding using surgical masks: a problem in health care. *Journal of the American Academy of Audiology*, 19, 686–95. doi: 10.1371/journal.pone.0253874
10. Grange, J. A, Culling, J. F. (2016). The benefit of head orientation to speech intelligibility in noise. *Journal of the American Academy of Audiology*, 139, 703–712, doi: 10.1121/1.4941655
11. Hampton, D., Culp-Roche, A., Hensley, A., Wilson, J., Otts, J. A., Thaxton-Wiggins, A., Fruh, S., Moser, D. K. (2020). Self-efficacy and satisfaction with teaching in online courses. *Nurse educator*, 45(6), 302–306. doi: 10.1097/NNE.0000000000000805
12. Coyne, K. M., Barker, D. J. (2014). Speech intelligibility while wearing full-facepiece air-purifying respirators. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. DOI: 10.52363/2524-0226-2022-36-17

giene, 11(11), 751–756. doi: 10.1080/15459624.2014.908257

13. Corey, R. M., Jones, U., Singer, A. C. (2020). Acoustic effects of medical, cloth, and transparent face masks on speech signals. *Journal of the American Academy of Audiology*, 148, 2371. doi: 10.1121/10.0002279

14. Goldin, A., Weinstein, B., Shiman, N. (2020). How do medical masks degrade speech reception. *Hearing review*, 27, 8–9. Available online: <https://hearingreview.com/hearing-loss/health-wellness/how-do-medical-masks-degrade-speech-reception>

15. Saeidi, R., Huhtakallio, I., Alku, P. (2016). Analysis of Face Mask Effect on Speaker Recognition. *INTERSPEECH*, 1800–1804. doi: 10.21437/Interspeech.2016-518

16. Munro, K., Stone M. (2020). The challenges of facemasks for people with hearing loss. *ENT & audiology*. Available online: <https://www.entandaudiologynews.com/features/audiology-features/post/the-challenges-of-facemasks-for-people-with-hearing-loss>

17. Official website of the Ukrainian Cultural Foundation. Test for communication in Ukrainian. Available online: <https://www.moyamova.in.ua>

18. Saunders, G. H., Jackson, I. R., Visram, A. S. (2020). Impacts of face coverings on communication: An indirect impact of COVID-19. *International journal of Audiology*, 60(7), 495–506. doi: 10.1080/14992027.2020.1851401

19. Waters, A. M., LeBeau, R. T., Craske, M. G. (2017). Experimental psychopathology and clinical psychology: an integrative model to guide clinical science and practice. *Psychopathology review*, 4(2), 112–128. doi: 10.5127/pr.038015

20. Atcherson, S. R., Mendel, L. L., Baltimore, W. J., Patro, C., Lee, S., Pousson, M., Spann, M. J. (2017). The effect of conventional and transparent surgical masks on speech understanding in individuals with and without hearing loss. *Journal of the American Academy of Audiology*, 28, 58–67. doi: 10.3766/jaaa.15151

21. Maksymenko, S., Terlets'ka, L., Hlavnyk, O. (2004). *Psykhologichnyy instrumentariy. Pam"yat' dytyny* [Psychological tools. A child's memory]. K.: Hlavnyk, 112. Available online: [https://library.udpu.edu.ua/library\\_files/ece/6660\\_01.pdf](https://library.udpu.edu.ua/library_files/ece/6660_01.pdf) (In Ukrainian)

22. Doutres, O., Salissou, Ya., Atalla, N., Panneton R. (2010). Evaluation of the acoustic and non-acoustic properties of sound absorbing materials using a three-microphone impedance tube. *Applied acoustics*, 71, 506–509. Available online: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00508767>

23. Chodosh, J., Weinstein, B. E., Blustein, J. (2020). Face masks can be devastating for people with hearing loss [Editorial]. *British Medical Journal*, 370, m2683. doi: 10.1136/bmj.m2683

Надійшла до редколегії: 17.10.2022

Прийнята до друку: 15.11.2022