

УДК 7.05:687.17:331.43:615.47

DOI <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2026.39.37>

ЕСТЕТИКО-ЕРГОНОМІЧНІ ЧИННИКИ ПРОЄКТУВАННЯ МЕДИЧНОЇ ЗАХИСНОЇ МАСКИ В СИСТЕМІ СУЧАСНОГО ДИЗАЙНУ

Остапенко Наталія Валентинівна¹, Кузьменко Володимир Володимирович²,
Струмінська Тетяна Володимирівна³, Яловий Віталій Васильович⁴,
Колосніченко Олена Володимирівна⁵

¹доктор технічних наук, професор,
декан факультету мистецтв і моди,

Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, Україна,
e-mail: cesel@ukr.net, orcid: 0000-0002-3836-7073

²доктор філософії з дизайну, асистент кафедри комп'ютерної інженерії та електромеханіки,
Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, Україна,
e-mail: kuzmenko.volodymyr.95@gmail.com, orcid: 0000-0002-7983-1688

³кандидат технічних наук, доцент,
завідувач кафедри моди та стилю,

Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, Україна,
e-mail: tatiana935@gmail.com, orcid: 0000-0003-0449-4768

⁴завідувач навчальної лабораторії,

Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, Україна,
e-mail: yalovyy.vv@knutd.edu.ua, orcid: 0000-0002-1824-739X

⁵доктор мистецтвознавства, професор,
професор кафедри моди та стилю,

Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, Україна,
e-mail: 3212793@gmail.com, orcid: 000-0001-5665-0131

Анотація. Метою роботи є наукове обґрунтування комплексу естетико-ергономічних чинників проектування медичної захисної маски як об'єкта сучасного дизайну та визначення принципів її формоутворення у взаємозв'язку з антропометрією обличчя, вимогами функціонального захисту й візуально-образною презентацією в структурі повсякденного й комунікативного образу людини.

Методологія дослідження базується на міждисциплінарному поєднанні методів дизайн-аналізу й ергономічного підходу. Застосовано морфологічний і композиційно-пропорційний аналіз форми виробу з урахуванням закономірностей гармонізації та принципів пропорційності, зокрема апеляції до пропорційних співвідношень обличчя; естетико-семантичний аналіз маски як елемента образу й носія комунікативних значень у постпандемічному соціокультурному контексті. Елементи ергономічної оцінки спрямовані на зіставлення вимог комфортності носіння, щільності прилягання, стабільності фіксації та збереження захисної функції з вимогами візуальної виразності й цілісності силуетно-лінійної побудови.

Результати. Виявлено, що проектування медичної захисної маски в системі сучасного дизайну має спиратися на узгодження трьох взаємопов'язаних контурів: функціонального – захист, щільність прилягання, гігієнічність; ергономічного – комфорт, керованість посадки, стабільність під час мовлення та міміки; естетико-композиційного – гармонізація з пропорціями обличчя, ритміко-лінійна організація, візуальний баланс. Обґрунтовано доцільність трактування маски як об'єкта формотворення, а також систематизовано дизайн-чинники, що

підвищують естетичну інтеграцію маски в образ відповідно до контексту використання.

Наукова новизна полягає в комплексному визначенні медичної захисної маски як об'єкта сучасного дизайну, для якого естетико-ергономічні параметри є не додатковими, а системоутворювальними чинниками проектного рішення. Уточнено принципи гармонізації форми маски з пропорціями обличчя в логіці композиційно-пропорційного підходу й окреслено взаємозалежність між ергономічною адекватністю виробу та його візуальною коректністю в структурі костюмного образу.

Практична значущість результатів полягає в можливості застосування сформульованих положень для формування дизайн-вимог до проектних рішень медичних масок, розроблення серійних та індивідуалізованих моделей, а також для експертної оцінки наявних зразків за критеріями ергономіки й естетичної інтегрованості в образ користувача.

Ключові слова: дизайн, медична захисна маска, естетика, ергономіка, формоутворення, пропорції обличчя, гармонізація.

ВСТУП

Естетика обличчя визначає красу й привабливість людини. В епоху, коли глобальні кризи охорони здоров'я стають дедалі частішими, традиційна захисна медична маска зазнає значної трансформації, виходячи за рамки своєї первісної функції. Пандемія COVID-19 радикально змінила повсякденне життя, зробивши захисну маску невіддільним елементом громадського простору. Цей предмет, спочатку призначений для захисту здоров'я, поступово трансформувався в значущий аксесуар, здатний підкреслити індивідуальність і стати естетичним акцентом в образі.

Обличчя є найважливішим фактором, що впливає на зовнішній вигляд людини, тому нами розглянуто припущення щодо впливу підгонки маски на ефективний захист органів дихання й естетику людини в масці. Можна стверджувати, що в естетиці обличчя також існує певна математична пропорція золотого перетину, який зазвичай спостерігається в природних об'єктах, підкреслюючи їх красу і досконалість.

У контексті естетичного дизайну захисна маска перетворюється на багатогранний елемент, що поєднує функціональність і візуальну привабливість. Захисна маска, як і будь-який інший аксесуар, здатна впливати на сприйняття образу в цілому. Вона може підкреслити індивідуальність – вибір маски з певним дизайном або кольором дає змогу висловити особисті вподобання та стиль; створити контраст – яскрава або незвичайна маска може стати контрастним елементом у стриманому образі; доповнити стиль – маска, що поєднується за кольором або стилем з іншими елементами одягу, створює гармонійний образ; висловити соціальну позицію – використання

масок із певними символами або написами може виражати підтримку соціальних рухів або ідей [1]. Усе це вимагає розглянути питання щодо вимірювань масок і відповідного вимірювання обличчя людини для розробки проектного рішення за вимог підгонки ергономічної маски, а також естетики обличчя.

АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

В естетиці обличчя існує певна математична пропорція золотого перетину, який використовується для вимірювання й аналізу естетичних якостей обличчя людини. До COVID-19 захисні маски в масовій свідомості асоціювалися з певними контекстами, але не були повсякденним елементом глобальної моди [1; 3]. Їх використання й естетичне значення залежали від культурних і соціальних умов. Сьогодні хірургічну маску для обличчя можна вважати одним із символів нашого часу (рис. 1) [13].

Хірургічна маска являє собою одноразовий пристрій вільного крою, який створює фізичний бар'єр між ротом і носом користувача й потенційними забрудненнями в найближчому оточенні. Хірургічні маски виготовляються різної товщини та з різною здатністю захисту медичного персоналу від контакту з рідинами. Тришарова хірургічна маска (рис. 2) складається з розплаву полімеру, найчастіше поліпропілену, розміщеного між нетканим матеріалом [1; 12]. Розплав полімерного матеріалу діє як фільтр, який запобігає проникненню мікробів у маску або виходу з неї. Якщо хірургічну маску правильно носити, вона допомагає блокувати краплі великих частинок, бризки, які можуть містити мікроби (віруси та бактерії), не даючи їм потрапити до організму людини, але не здатна



Рис. 1. Хірургічна маска для обличчя як символ нашого часу [13]

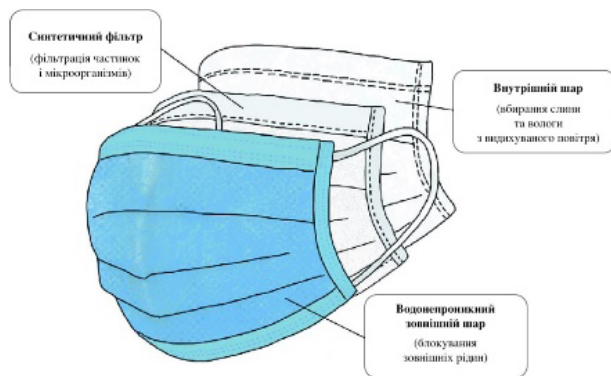


Рис. 2. Шари стандартної хірургічної маски [12]

щільно прилягати до обличчя, створюючи надійну обтурацію.

З іншого боку, аналіз літературних джерел виявив, що науковцями багато років проводилися дослідження вимірювання пропорцій м'яких тканин обличчя, що допомогло б створити стандарт краси обличчя, діагностувати відмінності й аномалії обличчя та порівняти ці пропорційні взаємозв'язки із золотим перетином. Дослідниками К.С. Кая та ін. [16] засвідчено, що найважливішими факторами привабливості обличчя є пропорційність, статевий диморфізм, молодість і симетричність. Крім того, у загальній естетиці обличчя суттєвою є міміка, посмішка, що впливає на особливості дизайну масок, відповідно, захисної функції обличчя людини, яка носить або працює в масці. Багато авторів використовували інструмент золотого перетину для вимірювання й аналізу естетичних якостей обличчя у своїх країнах. Так, науковці проводили дослідження з різними гендерними групами турецьких пацієнтів різного віку, що

можна вважати майже універсальним типом обличчя в умовній типології обличчя населення Європа-Азія [1]. На рис. 3–4 наведено ілюстрації щодо споживачів з різною морфологією обличчя – нормальною, короткою, довгою.

Оцінка пропорцій обличчя щодо золотого перетину показала, що між гендерними групами спостерігалася статистично значуща різниця. Авторами зазначено, що довга морфологія обличчя «більше спостерігалася в чоловіків (51,4%); нормальна (41%) і коротка (39,3%) морфологія обличчя частіше зустрічалася в жінок. Вимірювання та пропорції балансу обличчя в досліджуваній популяції показали, що пропорції ширини й висоти обличчя відхилялися від золотого перетину» [1; 16].

В інших літературних джерелах і багатьох дослідженнях про зв'язок золотого перетину й естетичного сприйняття вважається, що обличчя людини відповідає співвідношенням золотого перетину. Однак А. Россетті й ін. [24], а потім Л.Г. Фаркаш та ін. [9] провели дослідження аналізу відсоткової різниці у віці обличчя Єгипетській цивілізації – відхилення від золотого перетину у віці були значно вищими [1]. Аналізи обличчя у відсотковому відхиленні різниці пропорцій від Ю. Мідзумото й ін. [18] та Л.Н. Сунілкумар та ін. [25] виявили, що існує нерівність: раса, стать, етнічна належність та освітній рівень особи. Дослідження показало різні результати, хоча в ідеалі вони мають бути рівними. Отже, можна стверджувати, що розміри обличчя людини різні в популяціях світу. Саме тому нами актуалізовано дослідження щодо вимірювання пропорцій м'яких тканин обличчя, що могло б створити стандарт краси обличчя та

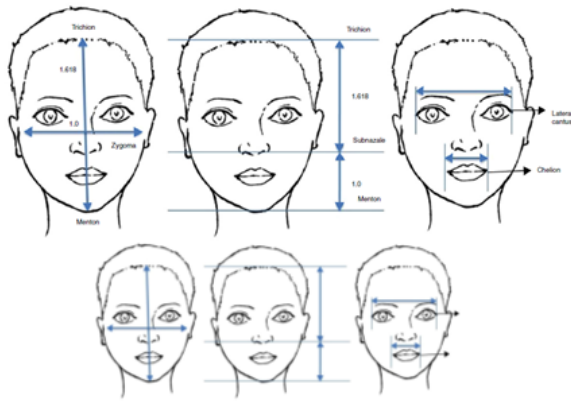


Рис. 3. Вимірювання та співвідношення – анатомічні точки, вимірювання й пропорції, які використовуються для аналізу обличчя [16]

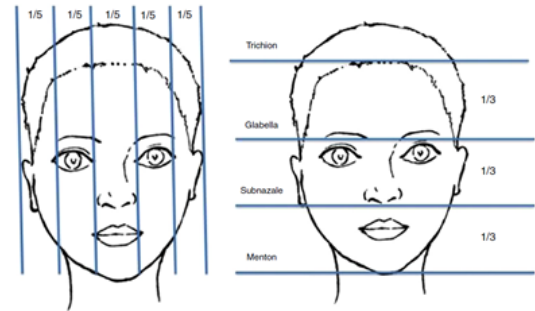


Рис. 4. Співвідношення висоти й ширини меж обличчя. Обличчя поділяється на п'ять рівних частин у вертикальній площині й три рівні частини всередині горизонтальній площині [16]

діагностувати відмінності й аномалії обличчя, а також проаналізувати вплив на естетику обличчя під час носіння масок. Відмічено статистичну значущу різницю в статевих групах, що є очевидним і має бути використано в проектуванні конструкції захисних масок і респіраторів. Це свідчить про складність проектування ефективних засобів захисту органів дихання, коли виникає потреба в індивідуальному проектуванні масок і респіраторів для забезпечення їх якісної обтурації [1].

Разом із тим дослідниками констатується, що хірургічні маски нещільно прилягають до шкіри обличчя, тому не рекомендуються для захисту людей від повітряно-крапельних інфекцій. Вони кріпляться до голови за допомогою вушних петель, зав'язок на голові або еластичних ременів (рис. 5–8). Результати досліджень А. Гарднер; А.В. Мюллер та ін.; Е. О'Келлі й ін. [11; 19; 21] виявили, що під час пандемії COVID-19 дефіцит засобів індивідуального захисту призвів до того, що представники громадськості не мали іншого вибору, окрім як носити погано підігнані маски для обличчя, включаючи навіть хірургічні маски та маски N95, які стали предметом дослідження.



Рис. 5. Хірургічна маска та маска-респіратор N95

Респіратори N95 і хірургічні маски є прикладами засобів для захисту від часток у повітрі й забруднення обличчя рідиною (рис. 5, 7, 8). Хірургічна маска зі щитком для обличчя (рис. 6 а) може бути альтернативою, якщо між обладнанням і пацієнтом створено скляний бар'єр [26]. Основними особливостями масок N95 є регульований затиск для носа (для

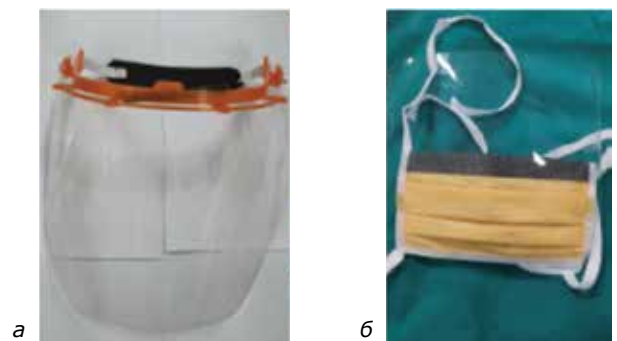
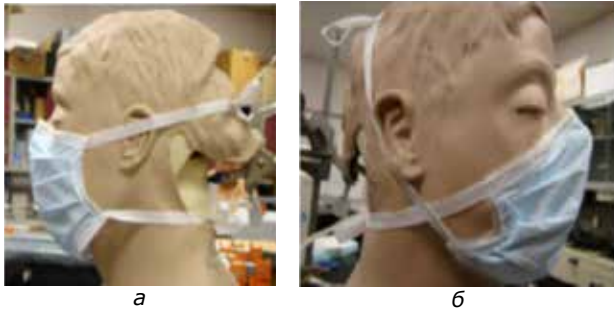


Рис. 6. а) хірургічна маска зі щитком для обличчя; б) маска з убудованим козирком [26]



Рис. 7. Хірургічна маска з еластичними шнурами та переніссям



а

б

Рис. 8. а) негерметична хірургічна маска при звичайному використанні;

б) герметична хірургічна маска з перехрещеними ременями [6]

герметичної посадки та запобігання запотіванню окулярів (рис. 9)) [14], піна для носа (для поглинання поту) і пов'язки на голову [6; 25]. Носова кліпса виготовлена, як правило, з алюмінію, піна для носа – з поліуретану, фільтр – з поліпропілену, а кришка – з поліестеру. Складки зазвичай використовуються, щоб дати користувачеві змогу розширити маску так, щоб вона покривала ділянку від носа до підборіддя. Маски N95 можна зберегти для повторного використання, одягнувши поверх них хірургічні/ізоляційні маски та/або щиток для обличчя (рис. 6 а, 10) або шляхом централізованого чищення відповідно до практики закладу [1; 23].

Отже, захисна маска має недостатньо щільне прилягання до обличчя, що потребує покращення підгонки та необхідності виготовлення масок за індивідуальними розмірами споживачів, у тому числі застосуванням інноваційних методів і матеріалів.

Багатьма дослідженнями відзначено, що правильна посадка є основним фактором у визначенні ефективності масок для обличчя. Але маски, доступні для громадськості, часто страждають від поганої посадки. Так, Е. О'Келлі й ін. [21] указують на те, що існує потенціал для підгонки, щоб покращити прилягання масок, заклеюючи краї маски для



а

б

Рис. 9. а) традиційне зав'язування стандартної лицьової маски із запітненими хірургічними лупами; б) запропонована техніка зав'язування стандартної маски [14]



Рис. 10. Схема щитка з ілюстрацією впливу рідин і твердих частинок [23]

щільнішого притискання маски до обличчя. Так, щоб покращити захист, дослідниками запропоновано кілька прийомів, які названо фіт-хаками. На рис. 11 проілюстровано зображення перевірених придатних фіт-хаків, застосованих до N95, і хірургічних масок на двох головах манекенів для демонстрації. Голова манекена має розмір середнього чоловіка, тоді як жіноча представляє розмір маленької жіночої голови або голови підлітка. Незважаючи на те що такі «хитрощі» привернули широку увагу та висвітлення в засобах масової інформації, вплив більшості хаків залишається в основному неперевіреним і науково необґрунтованим [1]. Такі прийоми підгонки включають використання «нейлового шару звичайних легкорозтяжних колготок поверх маски та зміну форми маски шляхом зав'язування вушних смужок» [21].

Попередні дослідження П.В. Клапп та ін. [8] надали результати оцінювання тканинних і модифікованих процедурних масок, засвідчуючи ефективність багатьох методів для покращення підгонки масок. Однак ті ж дані також свідчать про те, що такі методи вдосконалення можуть неоднорідно впливати на різні типи обличчя [1; 8]. Перевірка застосованих методів підгонки показала, що окремі риси обличчя можуть мати значний вплив на підгонку, особливо перенісся, але не можуть повністю вирішити проблему з підгонкою навколо перенісся. На рис. 12 наведено ілюстрацію фіт-хаків, що не змогли вирішити проблеми з підгонкою навколо перенісся [21].

Такі дослідження мають на меті з'ясувати, «чи справді прості фіт-хаки покращують прилягання масок до обличчя?» [11]. Нейлоновий верхній шар слугував найефективнішим способом підгонки, хоча й варто відзначити не завжди зручне й практичне використання для користувача стосовно якості фільтрації при такому приляганні маски. Усе це потребує й у подальшому досліджень щодо ефективності придатності масок при підгонці

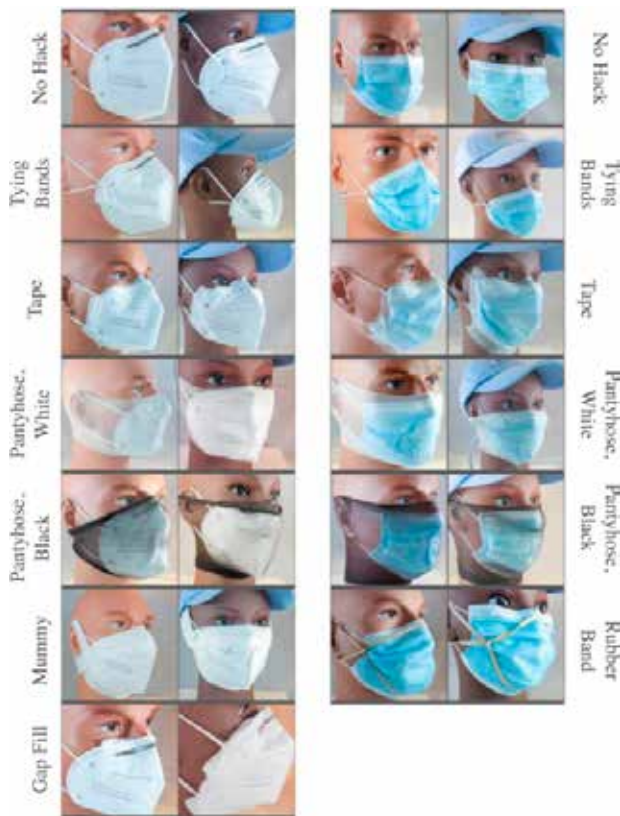


Рис. 11. Зображення перевірених придатних фіт-хаків, застосованих до хірургічних масок на чоловічих і жіночих головах демонстраційних манекенів [21]



Рис. 12. Ілюстрація фіт-хаків з незадовільною підгонкою навколо перенісся [21]

до обличчя. Зазначимо, що саме такі дослідження слугують підґрунтям і є корисними дизайнерам при проектуванні сучасних різновидів масок, а також пристроїв для підгонки різновидів масок і респіраторів. Особливого значення набувають дослідження при проектуванні й виготовленні масок для медичних працівників, які частіше за все використовують хірургічні маски та маски N95, що суттєво допоможе покращити захист. Також ці дослідження прагнуть виявити окремі прийоми й методи, які здатні покращити підгонку масок для обличчя, насамперед призначених для використання широким загалом споживачів [1].

Ще одним швидким та економічним засобом підвищення відповідності носіння маски

під час пандемії є використання картонних виробів [15]. Вище проілюстровано, що маски завжди одягаються за допомогою еластичного шнура або стрічки. Також відомо, що їх варто носити протягом не більше довгих годин, що часто призводить до спектру проблем, від особистої безпеки до небезпеки для здоров'я. Тому в складні часи пандемії застосовують нетривіальні рішення, наприклад інноваційне використання картонної вирізки для збільшення тривалості й повторного використання масок (рис. 13); проте існує кілька проблем, пов'язаних із сучасним стилем надягання масок. На зазначених рисунках наведено ілюстрації техніки використання та відповідності ергономіки використання масок з гарним розподіленням еластичного натягнення для щільного прилягання маски із застосуванням картонної вирізки.

Забезпечення якісної obtурації масок і респіраторів відбувається також застосуванням додаткових пристроїв або фіксаторів. Дослідженнями Й. Пан та ін. [22] виявлено наявність розробок спеціалізованого фіксатора хірургічної маски для покращення її придатності за допомогою різноманітних передових цифрових методів. Для цього потрібно виконати 3D-сканування обличчя споживача з хірургічною маскою та без неї, що можливо зробити за допомогою смартфона. Індивідуальні фіксатори також допоможуть зменшити фізичний і психологічний тиск на медичних працівників, покращивши придатність масок. Таки фіксатори здатні надавати медичним працівникам персоналізовану захисну маску, яка поєднує комфорт і зручність [1]. Усе це вимагає розглянути питання щодо вимірювань масок і відповідного вимірювання обличчя людини для розробки проектного рішення за вимог підгонки ергономічної маски, а також естетики обличчя.

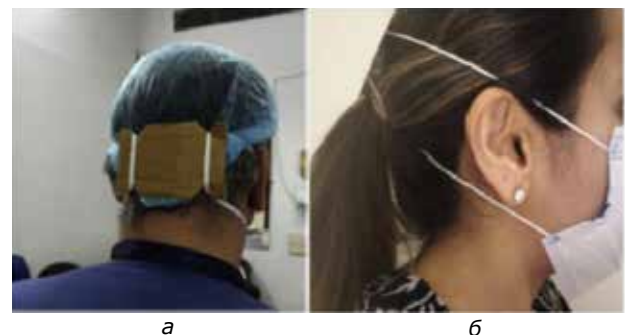


Рис. 13. а) техніка носіння хірургічної маски з еластичними шнурами та картонної вирізки; б) ергономіка використання з гарним розподіленням еластичного натягнення для щільного прилягання маски [15]

МЕТА

Метою дослідження визначено наукове обґрунтування комплексу естетико-ергономічних чинників проектування медичної захисної маски як об'єкта сучасного дизайну, а також принципів її формо- й пропорцієтворення у взаємозв'язку з антропометрією обличчя, вимогами функціонального захисту й візуально-образною репрезентацією в структурі повсякденного та комунікативного образу людини. У межах поставленої мети уточнюється статус маски як утилітарного засобу індивідуального захисту й водночас як дизайнерського аксесуара, що набуває семантики соціального маркера та естетичного елемента зовнішнього вигляду.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Розробка ефективних рішень для покращення придатності захисних масок залишається критичною проблемою, яка потребує подальшого вивчення й розвитку. При цьому найважливішими залишаються питання обтюраторії й ергономіки користування респіраторами, масками, напівмасками. Коли антропометричні розміри більші або менші за обличчя користувачів, маски не можуть відповідати задекларованому класу захисту. Тому нами розглянуто й актуалізоване завдання, яке раніше вже ретельно вивчено дослідниками [4; 7], щодо визначення антропометричного розподілу середньостатистичного українського споживача для коригування параметрів обличчя з метою визначення ефективності захисту півмасок респіраторів за смугою обтюраторії. Також нами встановлено розміри довжини, ширини, висоти обличчя (рис. 14) [4], що дає змогу розрахувати периметр обтюратору півмаски, який забезпечить відповідність її конструкції розмірам обличчя.



Рис. 14. Розміри обличчя, які визначали при дослідженні [4]

Саме тому розглянуті дослідження стали підґрунтям з удосконалення визначення відповідності конструктивних параметрів півмасок респіраторів антропометричним параметрам обличчя споживачів. Це забезпечує покращення достовірності досліджень з визначення коефіцієнта захисту. Нами запропоновано використання технологій обробки зображень для визначення антропометричних точок обличчя [2].

Результати антропометричних вимірів оброблюються з використанням сучасних методів. На основі аналізу наукових праць виявлено різні підходи до усвідомленого вибору різних технологій оцифрування людського обличчя. У дослідницьких, медичних і комерційних застосуваннях найбільше використовуються вартісні стаціонарні системи 3D-сканування. Найчастіше застосовується відома поширена високотехнологічна система для отримання високодеталізованих і точних тривимірних зображень людського обличчя 3dMDface [10]. Проте дослідження іноземних учених стверджують, що можна використовувати менш дорогі та прості у використанні системи для виконання завдань, для яких зайва точність не є ключовим фактором.

Дослідження довели, що поточний розвиток дизайну захисних масок для обличчя з використанням 3D-сканерів та інноваційних принтерів указує на високий потенціал і перспективність цієї технології для покращення якості життя, здоров'я, безпеки, комфорту й естетики навколишнього середовища шляхом застосування креативності й інновацій у практиці проектування [17]. Основні вимоги до дизайну захисних масок визначені з метою заохочення дизайнерів та інженерів до пошуку й розробки нових рішень, які відповідають поточним і майбутнім викликам і змінам у суспільстві, науці, техніці, політиці й інших сферах. Нами проаналізовано та запропоновано програмні продукти при використанні різних операційних систем: для смартфонів на базі операційної системи Android і смартфонів і планшетів з операційними системами iOS Apple (iPhone/iPad). На основі аналізу характеристик (використання датчиків та оцінок користувачів) для смартфонів на базі операційної системи Android обрано програму для телефонів з операційною системою Android – «Polycam», адже для роботи вона може використовувати технологію LiDAR і має найвищі оцінки користувачів [20]. Для смартфонів і планшетів Apple (iPhone/iPad) раціональним вибором буде програма (застосунок) «Scaniverse»,

також через використання технології LiDar і найвищі оцінки користувачів [1].

Для проведення подальших досліджень нами обрано смартфон на базі операційної системи Android і застосунок «Polycam». Також визначено різновиди масок: обрано повсякденні хірургічні/медичні маски (рис. 2) як найбільш широковживані. Вище зазначено, що така маска/респіратор прикриває рот, ніс і підборіддя, утворюючи бар'єр для аерозолів, пилу й інших шкідливих факторів, фіксується на голові та (або) за вухами за допомогою еластичної тасьми, шнурів з фіксаторами; на носі – носового фіксатора тощо. Вони можуть виготовлятися з текстильних або нетканих матеріалів, з одного й більше шарів матеріалів з різними властивостями. Приклад використання оцифрованих моделей маски та маски на обличчі людини наведено на рис. 15.

Таким чином, об'єктом сканування в дослідженні обрано хірургічну маску як окремий об'єкт, а також хірургічну маску на обличчі за допомогою смартфона на базі операційної системи Android і застосунку «Polycam». Оцифрування відбувалося за рахунок створення масиву фотографій (рис. 15 а) та їх подальшої обробки на сервері розробника. Готову модель маски на обличчі (рис. 15 б) можна експортувати в різних форматах (рис. 15 в) [1].

Для редагування STL-файлів використовують різні програми;

найпопулярнішим серед безкоштовних програм є Blender [5] – програмний пакет з відкритим кодом (розповсюджується під ліцензією GNU GPL) для 3D-моделювання, анімації, рендерингу, пост-продакшену. Користується популярністю для роботи над комерційними та некомерційними проектами.

Запропонований вибір програмного забезпечення для оцифрування обличчя людини в масці й візуалізації проектного образу обґрунтовує доцільність використання пасивних 3D-сканерів з відповідним програмним забезпеченням на основі сучасних смартфонів з операційними системами iOS та Android для застосування в проектних пропозиціях. Представлене зображення робочого вікна (інтерфейсу) застосунку «Polycam» на різних етапах оцифрування обличчя в масці, створення й експорту 3D-моделі дають можливість пошуку різновидів і впровадження інноваційних проектно-технологічних рішень в естетичному створенні 3D-моделі обличчя людини в захисній масці для повсякденного носіння.

ВИСНОВКИ

Представлене дослідження підтверджує універсальний характер проектних завдань при створенні сучасних захисних масок за індивідуальними розмірами споживачів: розглянуто маску як естетичний акцент в образі, досліджено взаємозв'язок функціональності маски та візуальної привабливості

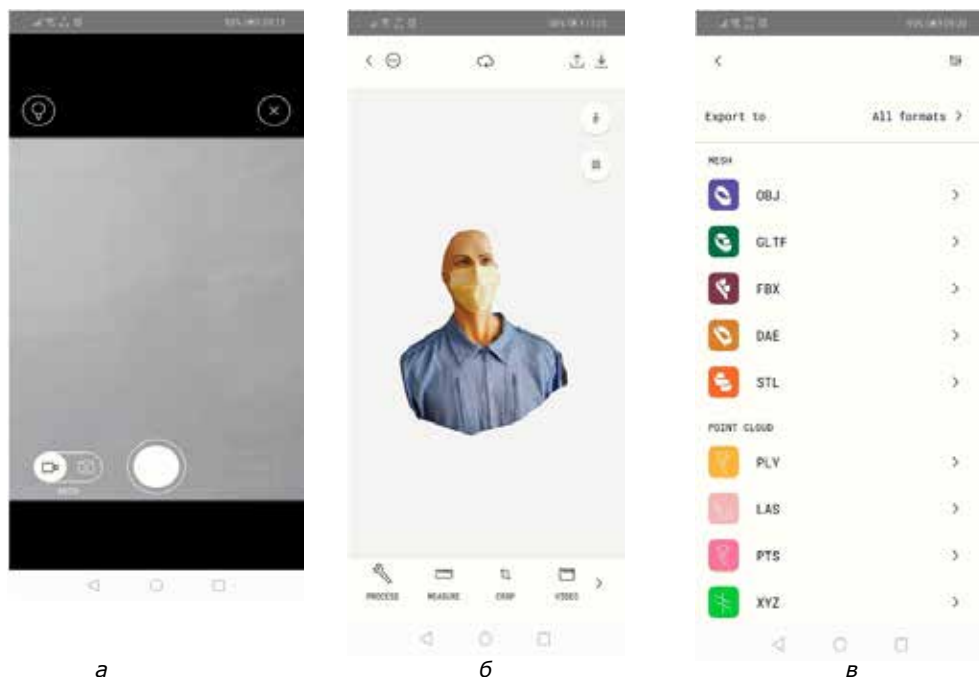


Рис. 15. Робоче вікно (інтерфейс) застосунку «Polycam» на проектному етапі: а) сканування, б) готова 3D-модель хірургічної маски на манекені у фронтальній проекції; в) вибір експортних форматів із меню

людини в масці. Виокремлено особливості сприйняття образу шляхом підкреслення індивідуальності, створення контрасту, доповнення стилю, висловлення соціальної позиції. Запропоновано вимірювання пропорцій м'яких тканин обличчя, що допомогло б створити стандарт краси обличчя, діагностувати відмінності й аномалії обличчя, порівняти пропорційні взаємозв'язки із золотим перетином. Засвідчено відхилення пропорцій обличчя, що створює складність проектування та потребує дослідження морфології та визначення індивідуальних параметрів обличчя для створення ефективного дизайну засобів захисту органів дихання.

Обґрунтовано доцільність забезпечення якісного прилягання масок і підгонки респіраторів для покращення захисних властивостей та ефективного захисту органів дихання. Актуалізовано питання вимірювань масок і відповідного вимірювання обличчя людини для розробки проектного рішення за вимог підгонки ергономічної маски, а також естетики обличчя.

Визначено 3D-сканування основним засобом антропометричних вимірювань за допомогою відповідного програмного забезпечення, що свідчить про інноваційність підходів при створенні сучасних дизайн-продуктів різного призначення з подальшою перевіркою валідності отриманих 3D-моделей. Представлено зображення робочого вікна (інтерфейсу) застосунку «Polysam» на різних етапах оцифрування обличчя в масці, створення й експорту 3D-моделі. На основі аналізу досліджень надано рекомендації щодо використання пристрою та програмного забезпечення для візуалізації засобів індивідуального захисту органів дихання;

ЛІТЕРАТУРА

[1] Кузьменко В.В. Дизайн виробів для захисту органів дихання: інноваційні технології, сучасні матеріали : дис. ... докт. філософії : 022 Дизайн. Київ, 2025. 327 с.

[2] Кузьменко В.В., Новак Д.С., Костіков М.П. Використання технологій обробки зображень для визначення антропометричних точок обличчя. *Штучний інтелект та інформаційні технології* : наукові праці Першої міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 3–4 червня 2024 р. Київ : НУХТ, 2024. С. 66–69. URL: http://kist.ntu.edu.ua/konferencii/49_konf_2024.pdf (дата звернення: 09.09.2025).

[3] Остапенко Н.В., Колосніченко О.В., Скрипченко А.Г., Арабаджи А.Г., Кузьменко В.В., Косточка А.О. Ергономічний підхід до проектування адаптивного одягу для реабілітації пацієнтів після COVID-19. *Art and Design*. 2022. № 4(20). С. 64–78. DOI: <https://doi.org/10.30857/2617-0272.2022.4.6>.

[4] Чеберячко С.І., Гридяев В.В., Еннан А.А.-А., Чеберячко Ю.І., Абрамова Н.М., Книш І.М. Вибір респіраторів на основі результатів вимірювання антропометричних розмірів середньостатистичного робітника АКХЗ та Шеффілдівського манекену голови. *Науковий вісник ДонНТУ*. 2022. №1(8)–2(9). С. 216–227. DOI: [https://www.doi.org/10.31474/2415-7902-2022-1\(8\)-2\(9\)-216-227](https://www.doi.org/10.31474/2415-7902-2022-1(8)-2(9)-216-227)

[5] Blender. *Wikipedia*. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Blender> (дата звернення: 14.07.2024).

[6] Cai M., Li H., Shen S., Wang Y., Yang Q. Customized design and 3D printing of face seal for an N95 filtering facepiece respirator. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. 2018. Vol. 15, Iss. 3. P. 226–234. DOI: <https://doi.org/10.1080/15459624.2017.1411598>.

[7] Cheberyachko S., Tretiakova L., Kolosnichenko M., Ostapenko N. Designing filtering half-masks. *Fibres and Textiles*. 2020. Iss. 3(141). P. 82–89. URL: http://vat.ft.tul.cz/2020/3/VaT_2020_3_13.pdf. (дата звернення: 17.09.2025).

[8] Clapp P.W., Sickbert-Bennett E.E., Samet J.M., Berntsen J., Zeman K.L., Anderson D. J., Weber D. J., Bennett W. D. Evaluation of Cloth Masks and Modified Procedure Masks as Personal Protective Equipment for the Public During the COVID-19 Pandemic. *JAMA Internal Medicine*. 2020, Vol. 181, № 4. P. 463–469. DOI: <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2020.8168>.

[9] Farkas L.G., Katic M.J., Forrest C.R., Alt K.W., Bagič I., Baltadžiev G., Cunha E., Cvicelová M., Davies S., Erasmus I., Gillett-Netting R., Hajnis K., Kemkes-Grottenthaler A., Khomyakova I., Kumi A., Kgamphe J.S., Kayo-daigo N., Le T., Malinowski A., Negasheva M., Manolis S., Ogetürk M., Parvizrad R., Rösing F., Sahu P., Sforza C., Sivkov S., Sultanova N., Tomazo-Ravnik T., Tóth G., Uzun A., Yahia E. International anthropometric study of facial morphology in various ethnic groups/races. *Journal of Craniofacial Surgery*. 2005. Vol. 16(4). P. 615–646. DOI: <https://doi.org/10.1097/01.scs.0000171847.58031.9e>.

[10] 3dMD Applications. from Healthcare to Artificial Intelligence. *3dMD*. URL: <https://3dmd.com/> (дата звернення: 08.10.2025).

[11] Gardner A. This Dentist's 60-Second Hack to Make Your Face Mask Fit Better Is Going Viral. *Glamour*. 2021. URL: www.glamour.com/story/this-dentist-60-second-hack-to-make-your-face-mask-fit-better-is-going-viral (дата звернення: 08.10.2025).

[12] How surgical masks are made. *Thomasnet*. 2020. URL: <https://www.thomasnet.com/articles/other/how-surgical-masks-are-made/> (дата звернення: 20.08.2025).

[13] Infographic: Using face masks in the community. *European Centre for Disease Prevention and Control*. 2020. URL: <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/infographic-using-face-masks-community> (дата звернення: 26.05.2025).

[14] Jordan D.J., Pritchard-Jones R. Tying a surgical mask to prevent fogging. *Annals of The Royal College of Surgeons of England*. 2014. Vol. 96, № 2. P. 165. DOI: <https://doi.org/10.1308/rcsann.2014.96.2.165>.

[15] Kashyap A., Singh K., Sabat D., Maini L. Fast and economic cardboard cutout use to increase compliance

of face mask wear during COVID-19 pandemic. *Journal of Clinical Orthopaedics & Trauma*. 2020. Vol. 11, Suppl. 3. S. 298–300. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2020.04.032>.

[16] Kaya K.S., Türk B., Cankaya M., Seyhun N., Coşkun B.U. Assessment of Facial Analysis Measurements by Golden Proportion. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*. 2019. Vol. 85, Iss. 4. P. 494–501. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2018.07.009>.

[17] Kuzmenko V.V., Ostapenko N.V. Choosing a 3D scanner for the tasks of the designer. *Теорія та практика дизайну*. 2024. № 4(34). P. 344–351. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2024.34.37>.

[18] Mizumoto Y., Deguchi T.Sr., Fong K.W.C. Assessment of facial golden proportions among young Japanese women. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2009. Vol. 136, Iss. 2. P. 168–174. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2007.07.029>.

[19] Mueller A.V., Eden M.J., Oakes J.M., Bellini C., Fernandez L.A. Quantitative Method for Comparative Assessment of Particle Removal Efficiency of Fabric Masks as Alternatives to Standard Surgical Masks for PPE. *Matter*. 2020. Vol. 3, Iss. 3. P. 950–962. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matt.2020.07.006>.

[20] Newman L. 6 Exciting Ways to Use LiDAR on iPhone. *MUO*. 2023. URL: <https://www.makeuseof.com/iphone-lidar-uses/> (дата звернення: 12.02.2025).

[21] O’Kelly E., Arora A., Pirog S., Pearson C., Ward J., Clarkson P.J. Face mask fit hacks: Improving the fit of KN95 masks and surgical masks with fit alteration techniques. *PLoS ONE*. 2022. Vol. 17(2). e0262830. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262830>.

[22] Pan Y., Xi Q., Meng J., Chen X., Wu G. Development of a customized mask retainer for improving the fit performance of surgical masks. *PLoS ONE*. 2022. Vol. 17(12). e0278889. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0278889>.

[23] Rocchini C., Cignoni P., Montani C., Pingi P., Scopigno R. A low cost 3D scanner based on structured light. *Computer Graphics Forum*. 2001. Vol. 20, Iss. 3. P. 299–308. DOI: <https://doi.org/10.1111/1467-8659.00522>.

[24] Rossetti A., De Menezes M., Rosati R., Ferrario V.F., Sforza C. The role of the golden proportion in the evaluation of facial esthetics. *Angle Orthod*. 2013. Vol. 83(5). P. 801–808. DOI: <https://doi.org/10.2319/111812-883.1>.

[25] Sunilkumar L.N., Jadhav K.S., Nazirkar G., Singh S., Nagmode P.S., Ali F.M. Assessment of facial golden proportions among north maharashtrian population. *Journal of International Oral Health*. 2013. Vol. 5. P. 48–54. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24155602/> (дата звернення: 21.11.2025).

[26] Sureka B., Misra S. N95 respirator or triple layer surgical mask: Radiologist perspective. *Indian Journal of Radiology and Imaging*. 2021. Vol. 31(S01). S. 198–203. DOI: https://doi.org/10.4103/ijri.IJRI_350_20.

REFERENCES

[1] Kuzmenko, V.V. (2025). Dyžain vyrobiv dlia zakhystu orhaniv dykhannia: innovatsiini tekhnolohii,

suchasni materialy [Design of products for respiratory protection: innovative technologies, modern materials]. PhD dissertation, 022 Design, Kyiv [in Ukrainian].

[2] Kuzmenko, V.V., Novak, D.S., & Kostikov, M.P. (2024). Vykorystannia tekhnolohii obrobky zobrazhen dlia vyznachennia antropometrychnykh tochok oblychchia [Using image processing technologies to determine anthropometric points on the face]. *Shtuchnyi intelekt ta informatsiini tekhnolohii: naukovi pratsi Pershoi Mizhnar. nauk.-prakt. konf. – Artificial intelligence and information technologies: scientific papers of the First International Scientific and Practical Conference*, Kyiv, NUHT. Retrieved from: http://kist.ntu.edu.ua/konferencii/49_konf_2024.pdf [in Ukrainian].

[3] Ostapenko, N.V., Kolosnichenko, O.V., Skrypchenko, A.H., Arabadzhy, A.H., Kuzmenko, V.V., & Kostochka, A.O. (2022). Erhonomichni pidkhid do proiektuvannia adaptivnoho odiahu dlia reabilitatsii patsientiv pislia COVID-19 [Ergonomic Approach To Designing Adaptive Clothing For Rehabilitation Of Patients After COVID-19]. *Art and Design*, 4(20), 64–78. DOI: <https://doi.org/10.30857/2617-0272.2022.4.6> [in Ukrainian].

[4] Cheberiachko, S.I., Hrydiaiev, V.V., Ennan, A.A.-A., Cheberiak, Yu.I., Abramova, N.M., & Knysh, I.M. (2022). Vybir respiratoriv na osnovi rezultativ vymiriuvannia antropometrychnykh rozmiriv serednostatystychnoho robitnyka AKKhZ ta Sheffildivskoho manekenu holovy [Selection of respirators based on the results of anthropometric measurements of the average worker at AKHZ and the Sheffield head mannequin]. *Naukovyi visnyk DonNTU – Scientific Bulletin of Donetsk National Technical University*, 1(8)–2(9), 216–227. DOI: [https://www.doi.org/10.31474/2415-7902-2022-1\(8\)-2\(9\)-216-227](https://www.doi.org/10.31474/2415-7902-2022-1(8)-2(9)-216-227) [in Ukrainian].

[5] Blender. *Wikipedia*. Retrieved from: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Blender> [in English].

[6] Cai, M., Li, H., Shen, S., Wang, Y., & Cheberyachko, S., Tretiakova, L., Kolosnichenko, M., & Ostapenko, N. (2020). Designing filtering half-masks. *Fibres and Textiles*. 3(141), 82–89. Retrieved from: http://vat.ft.tul.cz/2020/3/VaT_2020_3_13.pdf [in English].

[7] Clapp, P.W., Sickbert-Bennett, E.E., Samet, J.M., Berntsen, J., Zeman, K.L., Anderson, D.J., Weber, D.J., & Farkas, L.G., Katic, M.J., Forrest, C.R., Alt, K.W., Bagič, I., Baltadjiev, G., Cunha, E., Cvicelová, M., Davies, S., Erasmus, I., Gillett-Netting, R., Hajnis, K., Kemkes-Grottenthaler, A., Khomyakova, I., Kumi, A., Kgamphe, J.S., Kayo-daigo, N., Le, T., Malinowski, A., Negasheva, M., Manolis, S., Ogetürk, M., Parvizrad, R., Rösing, F., Sahu, P., Sforza, C., Sivkov, S., Sultanova, N., Tomazo-Ravnik, T., Tóth, G., Uzun, A., & 3dMD Applications. from Healthcare to Artificial Intelligence. *3dMD*. Retrieved from: <https://3dmd.com/> [in English].

[8] Gardner, A. (2021). This Dentist’s 60-Second Hack to Make Your Face Mask Fit Better Is Going Viral. *Glamour*. Retrieved from: www.glamour.com/story/this-dentist-60-second-hack-to-make-your-face-mask-fit-better-is-going-viral [in English].

[9] How surgical masks are made. (2020). *Thomasnet*. Retrieved from: <https://www.thomasnet.com/articles/other/how-surgical-masks-are-made/> [in English].

[10] Infographic: Using face masks in the community (2020). *European Centre for Disease Prevention and Control*. Retrieved from: <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/infographic-using-face-masks-community> [in English].

[11] Jordan, D.J., & Pritchard-Jones, R. (2014). Tying a surgical mask to prevent fogging. *Annals of The Royal College of Surgeons of England*. 96(2), 165. DOI: <https://doi.org/10.1308/rcsann.2014.96.2.165> [in English].

[12] Kashyap, A., Singh, K., Sabat, D., & Kaya, K.S., Türk, B., Cankaya, M., Seyhun, N., Coşkun, B.U. (2019). Assessment of Facial Analysis Measurements by Golden Proportion. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*. 85(4), 494–501. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2018.07.009> [in English].

[13] Kuzmenko, V.V., & Ostapenko, N.V. (2024). Choosing a 3D scanner for the tasks of the designer. *Teoriia ta praktyka dyzainu*, 4(34), 344–351. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2024.34.37> [in English].

[14] Mizumoto, Y., Deguchi, T.Sr, & Fong, K.W.C. (2009). Assessment of facial golden proportions among young Japanese women. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 136(2), 168–174. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2007.07.029> [in English].

[15] Mueller, A.V., Eden, M.J., Oakes, J.M., Bellini, C., & Newman, L. (2023). 6 Exciting Ways to Use LiDAR on iPhone. *MUO*. Retrieved from: <https://www.makeuseof.com/iphone-lidar-uses/> [in English].

[16] O’Kelly, E., Arora, A., Pirog, S., Pearson, C., Ward, J., Clarkson, P.J. (2022). Face mask fit hacks: Improving the fit of KN95 masks and surgical masks with fit alteration techniques. *PLoS ONE*. 17(2): e0262830. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262830> [in English].

[17] Pan, Y., Xi, Q., Meng, J., Chen, X., & Wu, G. (2022). Development of a customized mask retainer for improving the fit performance of surgical masks. *PLoS ONE*. 17(12): e0278889. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0278889> [in English].

[18] Rocchini, C., Cignoni, P., Montani, C., Pingi, P., & Rossetti, A., De Menezes, M., Rosati, R., Ferrario, V.F., & Sforza, C. (2013). The role of the golden proportion in the evaluation of facial esthetics. *Angle Orthod*. 83(5), 801–808. DOI: <https://doi.org/10.2319/111812-883.1> [in English].

[19] Sunilkumar, L.N., Jadhav, K.S., Nazirkar, G., Singh, S., Nagmode, P.S., Ali, F.M. (2013). Assessment of facial golden proportions among north maharashtrian population. *Journal of International Oral Health*. 5, 48–54. Retrieved from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24155602/> [in English].

[20] Sureka, B., & Misra, S. (2021). N95 respirator or triple layer surgical mask: Radiologist perspective. *Indian Journal of Radiology and Imaging*. 31(01), 198–203. DOI: https://doi.org/10.4103/ijri.IJRI_350_20 [in English].

ABSTRACT

Ostapenko N., Kuzmenko V., Struminska T., Yalovy V., Kolosnichenko O. Aesthetic and ergonomic factors in the design of a medical protective mask within the system of contemporary design

The purpose of this study is to provide a scientific substantiation of a complex of aesthetic and ergonomic factors in the design of a medical protective mask as an object of contemporary design, as well as to define the principles of its form generation in relation to facial anthropometry, functional protection requirements, and visual-image representation within the structure of everyday and communicative human appearance.

Methodology. The research methodology is based on an interdisciplinary integration of design analysis methods and an ergonomic approach. Morphological and compositional – proportional analyses of the product form were applied, taking into account the principles of harmonization and proportionality, including references to facial proportional relationships. An aesthetic – semantic analysis of the mask as an element of personal image and a carrier of communicative meanings in the post – pandemic sociocultural context was conducted. Elements of ergonomic assessment were aimed at correlating requirements for wearing comfort, fit density, fixation stability, and maintenance of the protective function with demands for visual expressiveness and the integrity of the silhouette-linear structure.

Results. The study reveals that the design of a medical protective mask within the system of contemporary design should be based on the coordination of three interrelated dimensions: functional – protection, fit density, and hygienic properties; ergonomic-comfort, controllability of fit, and stability during speech and facial expressions; and aesthetic – compositional – harmonization with facial proportions, rhythmic – linear organization, and visual balance. The expediency of interpreting the mask as an object of form generation is substantiated, and design factors that

enhance the aesthetic integration of the mask into the overall image in accordance with the context of use are systematized.

Scientific novelty. *Scientific novelty lies in the comprehensive conceptualization of the medical protective mask as an object of contemporary design in which aesthetic and ergonomic parameters function not as auxiliary characteristics but as system – forming factors of the design solution. The principles of harmonizing the mask form with facial proportions within a compositional – proportional framework are refined, and the interdependence between the ergonomic adequacy of the product and its visual correctness within the costume image’s structure is outlined.*

Practical relevance. *The practical significance of the results consists in the possibility of applying the formulated provisions to the development of design requirements for medical mask projects, the creation of both mass-produced and individualized models, as well as to the expert evaluation of existing products according to the criteria of ergonomics and aesthetic integration into the user’s image.*

Keywords: *design, medical protective mask, aesthetics, ergonomics, form generation, facial proportions, harmonization.*

AUTHOR’S NOTE:

Ostapenko Nataliia, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Arts and Fashion, Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, Ukraine, e-mail: cesel@ukr.net, orcid: 0000-0002-3836-7073.

Kuzmenko Volodymyr, PhD in Design, Assistant at the Department of Computer Engineering and Electromechanics, Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, Ukraine, e-mail: kuzmenko.volodymyr.95@gmail.com, orcid: 0000-0002-7983-1688.

Struminska Tetiana, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Fashion and Style, Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, Ukraine, e-mail: tatiana935@gmail.com, orcid: 0000-0003-0449-4768.

Yalovyi Vitalii, Head of Educational Laboratory, Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, Ukraine, e-mail: yalovyy.vv@knutd.edu.ua, orcid: 0000-0002-1824-739X.

Kolosnichenko Olena, Doctor of Art Studies, Professor, Professor at the Department of Fashion and Style, Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, Ukraine, e-mail: 3212793@gmail.com, orcid: 0000-0001-5665-0131.

Дата першого надходження статті до видання: 30.01.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 27.02.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 24.04.2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

