

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ДИЗАЙНУ

*Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису*

КУЗЬМЕНКО ВОЛОДИМИР ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 7.05:687.9:614.89

ДИСЕРТАЦІЯ

**ДИЗАЙН ВИРОБІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ОРГАНІВ ДИХАННЯ:
ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, СУЧАСНІ МАТЕРІАЛИ**

Спеціальність 022 – Дизайн
Галузь знань 02 – Культура і мистецтво

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

 В.В. Кузьменко

Науковий керівник **Остапенко Наталія Валентинівна**,
доктор технічних наук, професор,
Лауреат Національної премії України ім. Бориса Патона

Київ – 2025

АНОТАЦІЯ

Кузьменко В.В. Дизайн виробів для захисту органів дихання: інноваційні технології, сучасні матеріали. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата мистецтвознавства (доктора філософії) за спеціальністю 022 «Дизайн». – Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, 2025.

Дисертаційне дослідження присвячено вирішенню актуального та важливого наукового завдання систематизації ключових напрямів інноваційного розвитку у проєктуванні засобів захисту дихання, вивченню актуальних тенденцій та методів, а також визначення перспективних векторів удосконалення конструкцій та матеріалів. Актуальність теми дослідження за визначеною тематикою обумовлена тим, що захист дихання є однією з пріоритетних сфер сучасної індустрії безпеки на тлі зростання техногенних ризиків та пандемічних викликів. Сьогодні дизайн виходить за межі класичного розуміння художнього конструювання, стаючи брендом часу, в якому технологічна трансформація та інтелектуальна адаптація виступають як ключові фактори формування нових моделей життєдіяльності людини.

На сучасному етапі проєктування засобів індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД) трансформується з вузькоспеціалізованого інженерного процесу в комплексну міждисциплінарну область, що інтегрує дизайн, біомедичну інженерію, ергономіку та матеріали. Це дозволило не лише виявити існуючі проблеми та обмеження, а й сформулювати науково обґрунтовані рекомендації щодо подальшого розвитку проєктування засобів захисту дихання у контексті глобальних викликів сучасності.

Актуальність дослідження зумовлена також тим, що дизайн засобів захисту органів дихання потребує наукового осмислення, узагальнення наявних проєктних рішень і новітніх тенденцій для систематизації та розвитку сучасних напрямів в історичному контексті та практичному ракурсі шляхом застосування інновацій при створенні ефективних виробів.

Особистий внесок здобувача полягає в обґрунтуванні теми, здійсненні вибору напряму досліджень, в узагальненні отриманих результатів, а також у вирішенні основних проєктно-творчих та практичних завдань. Безпосередньо автором комплексно досліджено особливості розвитку інноваційних технологій як ключових чинників дизайну у формуванні робочих процесів та стимулюванні креативності при створенні сучасних ЗІЗОД. Розроблено та опрацьовано алгоритм інноваційного проєктування з урахуванням результатів 3D-сканування обличчя та виготовлення одношарових захисних масок методом 3D-друку на основі систематизації наявних підходів до створення сучасних дизайн-продуктів.

Авторові належать основні ідеї, узагальнення результатів дослідження, висновки. Отримані результати теоретичних та експериментальних досліджень опубліковано у вітчизняних та закордонних наукових фахових виданнях. У наукових працях зі співавторами здобувачеві належать основні положення та постановка завдання, проведення теоретичних досліджень та моделювання процесів, обробка, систематизація та узагальнення результатів, формування висновків, реалізація практичної складової дослідження. Результати роботи знайшли своє застосування та практичну реалізацію у роботах автора з удосконалення сканування обличчя людини з метою отримання точного контуру 3D-моделі захисної маски, а також обґрунтування доцільності вибору технічних засобів, приладів та програмного забезпечення у вирішенні проєктних задач для створення різновидів засобів захисту людини у надзвичайних умовах.

Метою роботи є дослідження різновидів ЗІЗОД та особливостей застосування сучасних матеріалів у інноваційному проєктуванні захисної маски з урахуванням вимог ергономіки, естетики та антропометрії обличчя як чинників забезпечення ефективного захисту.

Поставлена мета досягається за рахунок вирішення таких взаємопов'язаних **завдань**:

- аналіз та дослідження стану розробленості зазначеної тематики у контексті дослідження концепції створення сучасних засобів захисту органів дихання у інтегральному підході проєктування інноваційних виробів;
- визначити основні напрями та особливості інноваційного розвитку дизайн-ергономічного забезпечення ефективного захисту людини у масці; охарактеризувати джерельну базу і методологію дослідження;
- дослідити сучасні текстильні матеріали і полімерні композити та визначити структурування шарів матеріалів відповідно вимог функціональності та естетики у дизайні захисних масок;
- узагальнити досвід проєктування та новітні тенденції для систематизації сучасних різновидів фільтрувальних масок і респіраторів; навести потенційні прототипи та адаптивні пропозиції у створенні вітчизняних сучасних засобів захисту органів дихання інноваційними методами;
- вивчити антропометричний розподіл споживачів для коригування параметрів і ключових точок обличчя та моделювання рівня освітленості точок при проєктуванні дизайн-об'єктів, а також дослідити особливості використання загальних додатків у віртуальних 3D-середовищах при тривимірному скануванні;
- забезпечити візуалізацію обличчя, обґрунтувати вибір 3D-сканера і програмного забезпечення для проєктування та виготовлення захисної маски адитивними технологіями;
- визначити тенденції розвитку, розробити алгоритм створення 3D-моделі та реалізації проєктних рішень ергономічної захисної маски за інноваційними технологіями

Об'єктом дисертаційної роботи є дослідження особливостей інноваційного розвитку дизайну засобів органів дихання шляхом застосування тривимірного сканування обличчя людини та виготовлення виробів методом 3D-друку.

Предметом дослідження є розвиток та застосування сучасних інновацій у дизайні виробів для ефективного захисту органів дихання.

Методологічною основою дослідження є комплексний підхід: застосовано загальнонаукові порівняльний, аналітичний, статистичний, системно-інформаційний методи як інтеграцію можливостей впровадження перспективних інноваційних технологій. Також використано спеціальні методи: для аналізу наукових джерел, нормативної інформації, виробничих публікацій за тематикою дослідження – історичний, композиційний, морфологічний; для систематизації властивостей сучасних матеріалів та новітніх тенденцій у проектуванні сучасних різновидів фільтрувальних масок і респіраторів застосовано візуально-аналітичний, образно-стилістичний методи. Методи синтезу, узагальнення, типологічний, аналітичний дозволили визначити актуальні тенденції гармонійного поєднання технологічних, ергономічних і естетичних параметрів при проектуванні засобів захисту та у дизайні захисних масок зокрема. Дослідження особливостей використання загальних додатків у віртуальних 3D-середовищах, моделювання рівня освітленості при 3D-сканування дизайн-об'єктів, а також застосування сучасних приладів і програмного забезпечення до них базуються на інформаційно-дослідницькому та візуально-аналітичному підходах. В авторській розробці алгоритму створення цифрових тривимірних моделей-та для реалізації інновацій застосовано проєктно-графічний, образно-асоціативний, образно-стилістичний і семантичний методи. Використано основні положення системного підходу – контент-аналіз, методи моделювання дизайн-об'єктів

Наукова новизна полягає в узагальненні дизайн-рішень і новітніх тенденцій у систематизації сучасних різновидів ЗІЗОД для створення цифрових тривимірних моделей при виготовленні захисних масок за інноваційними технологіями.

Для цього у дисертаційному дослідженні:

вперше:

- проведено комплексний поглиблений аналіз розвитку дизайну засобів органів дихання в історичному ракурсі та світовому контексті; визначено і охарактеризовано особливості використання захисних масок як елементу комплекту захисного одягу та уніформи;
- уточнено та систематизовано особливості функціонального та естетичного аспектів у зростанні культури використання маски як засобу ефективного захисту органів дихання відповідно до сучасного профілю ризиків, орієнтованих на майбутнє;
- досліджено особливості застосування інноваційних технологій та новітніх полімерних матеріалів при проєктуванні та виготовленні масок в умовах дефіциту як передумови проєктних завдань для вимірювання обличчя людини сучасними високоточними методами;
- досліджено ергономіку використання та взаємозв'язок між розмірами обличчя і підгонкою респіратору для підвищення обтірюації масок відповідно функціональних вимог;
- обґрунтовано застосування та розроблено програмні продукти при моделюванні освітлення точок для проєктування дизайн-об'єктів інноваційними методами;
- запропоновано 3D-сканування обличчя людини для створення цифрових тривимірних моделей із подальшим друком виробів на 3D-принтерах;
- розроблено алгоритм створення 3D-моделі у реалізації інноваційних проєктних рішень ергономічної захисної маски;

уточнено та доповнено:

- систематизовано та класифіковано доповнений асортимент сучасних різновидів фільтрувальних масок і респіраторів з урахуванням новітніх

розробок вітчизняних захисних текстильних захисних масок, в тому числі з вуглецевих матеріалів поліпшеного ступеню захисту;

- уточнено особливості застосування фільтрувальних текстильних матеріалів та послідовності шарів у структури захисного пакету для забезпечення ефективності фільтраційної здатності засобів органів дихання;
- наведено потенційні прототипи та адаптивні пропозиції у створенні вітчизняних сучасних засобів захисту органів дихання інноваційними методами
- обґрунтовано вибір 3D-сканера та і програмного забезпечення для проєктування та виготовлення захисної маски методами 3D-друку;
- запропоновано можливості симуляції текстильних виробів в Unreal Engine як переконливої візуалізації процедурних текстур на 3D-об'єктах;

набуло подальшого розвитку:

- виявлено, вивчено та удосконалено механізми прогнозування надійного захисту органів дихання під час загроз та забезпечення споживачів ефективними засобами боротьби;
- досліджено можливості застосування об'єктно-орієнтованої мови Python для удосконалення візуалізації зображень при створенні захисної маски як інноваційного дизайн-продукту;
- запропоновано використання загальних додатків у віртуальних 3D-середовищах за наявності впливу шумових ефектів для забезпечення ефективності тривимірного сканування.

Практичне значення одержаних результатів дослідження полягає в узагальненні світового та українського досвіду проєктних практик та інновацій у дизайні засобів захисту органів дихання, збагаченні вихідної бази даних для подальших досліджень та практичного застосування при проєктуванні. Наукові результати досліджень впроваджено в освітній процес Київського національного університету технологій та дизайну при підготовці студентів спеціальностей 022 (B2) Дизайн освітніх програм «Дизайн одягу», «Дизайн (за

видами)», спеціальності 182 (G15) Технології легкої промисловості, освітньої програми «Моделювання, конструювання та художнє оздоблення виробів легкої промисловості» при курсовому і дипломному проектуванні, при викладанні дисциплін «Комфортність і безпечність одягу», «Комплексне дизайн-проектування», «Інноваційні технології в дизайні», «Особливості проектування товарів різного призначення». Окремі результати роботи використано у практичній дизайнерській діяльності з визначення рівня освітленості та розробки комплексу новітніх заходів для вирішення реальних завдань проектування. Результати дослідження можуть бути використані у професійній практичній діяльності дизайнерів, що займаються розробкою різновидів засобів захисту людини та у дизайні захисних масок зокрема, а також при створенні програмних продуктів для 3D-моделювання інноваційних дизайн-об'єктів.

Робота складається зі вступу, трьох розділів із висновками, загальних висновків, списку використаних літературних джерел, додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність та розглянуто теоретико-методологічні засади та джерельну базу дослідження; вказано зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами; визначено мету, завдання, об'єкт, предмет, хронологічні межі та методи дослідження; визначено наукову новизну та практичну значущість роботи; наведено відомості щодо апробації та впровадження результатів роботи; зазначено особистий внесок здобувача, публікації, подано структуру й обсяг дисертації.

У першому розділі окреслено напрями розробки обраної проблематики, охарактеризовано методичний інструментарій, викладено аналіз розвитку та напрямів інноваційного проектування засобів захисту органів дихання як дизайн-об'єктів. Представлено аналіз джерельної бази з наукових праць дослідників, надана їх систематизація за напрямками та групами досліджень. Аналіз сучасного стану довів, що наукові та проєктні практики потребують пошуку нових підходів, технологічних засобів і концепцій у підвищенні ефективності сучасних різновидів, продовжуючи вирішувати основні завдання

в умовах нових викликів суспільству та функціонуванню людини, забезпечуючи вимоги до естетики виробів новостворених дизайн-продуктів. Встановлено, що останні пандемічні події сприяли прискореному розвитку засобів захисту дихання, акцентуючи увагу на адаптивності, комфорті та довговічності захисних масок та респіраторів. Аналіз джерельної бази та методології дослідження виявив, що у XXI столітті проєктування засобів індивідуального захисту органів дихання трансформується з вузькоспеціалізованого інженерного процесу в комплексну міждисциплінарну область, що інтегрує дизайн, біомедичну інженерію, ергономіку та матеріали. Зазначено, що сучасний стан розробок у галузі захисних масок відрізняється високим ступенем різноманітності підходів; аналіз наукових досліджень дозволив визначити ключові тенденції розвитку інновацій.

Проаналізовано вплив загального стану суспільства та стрімкого розвитку швейного виробництва, пов'язаний з масовим виготовленням виробів спеціального та захисного призначення, що актуалізовало напрям виробництва захисного медичного одягу та його складових елементів. Також виявлено, що дефіцит масок під час пандемії COVID-19 став символом крихкості сучасної медицини та охорони здоров'я, а історія медицини довела пріоритетність поступової заміни багаторазових масок для обличчя одноразовими. Одночасно наголошено на необхідності застосування багаторазових тканинних масок як надійної заміни для загального використання в суспільстві. Представлено особливості класифікації засобів індивідуального захисту в Україні, Євросоюзі та Сполучених штатах відповідно стандартів та інших нормативних документів, які визначають різновиди підходів до проєктування та сертифікації захисних виробів. Зазначено, що сучасні тенденції диктують необхідність не тільки підвищення ефективності фільтраційних та ізолюючих властивостей захисних засобів, але й адаптації їх до різних умов експлуатації, покращення комфорту, естетики та зручності використання.

Виявлено біометричні системи технологіями наступного покоління з використанням 3D-сканування обличчя людини; висвітлено сучасні дослідження ролі 3D-сканування у концепції Індустрії 4.0. Запропоновано розвиток комбінованого використання технологій 3D-сканування та 3D-друку для відтворення реальних об'єктів без використання традиційних технік. Встановлено необхідність комплексного підходу у дизайні сучасних засобів захисту органів дихання, що потребує гармонійного поєднання технологічних, ергономічних і естетичних параметрів.

У **другому розділі** досліджено асортимент сучасних текстильних матеріалів і полімерних композитів для виготовлення засобів захисту органів дихання та їх елементів. Вивчено та класифіковано різновиди текстильних матеріалів за стандартизованими характеристиками і властивостями щодо вимог безпеки та ефективності у створенні захисних дизайн-продуктів відповідної якості. Досліджено структурування шарів матеріалів у визначенні ефективності фільтраційної здатності засобів захисту органів дихання. Запропоновано використання відомостей про сучасні стратегії виробництва нових типів масок, а також застосуванні високоактивних вуглецевих сорбційних матеріалів та нанотехнологій при виробництві ефективних фільтрів. Обґрунтовано доцільність забезпечення якісного прилягання масок та підгонки респіраторів для покращення захисних властивостей та ефективного захисту засобів органів дихання. Запропоновано до використання асортимент спеціальних захисних масок «Carbon», розроблених за участі автора, які на сьогоднішній день є новітньою та перспективною розробкою українських вчених.

Визначено, що ключовими чинниками надійності ЗІЗОД є ефективність забезпечення фільтрації матеріалів та прилягання маски. Досліджено ергономіку використання та антропометрію обличчя для удосконалення посадки і підвищення відповідності носіння маски. Актуалізовано питання вимірювань масок та відповідного вимірювання обличчя людини для розробки

проектного рішення за вимог підгонки ергономічної маски, а також естетики обличчя.

Запропоновано забезпечення надійності обтюрації на основі аналізу зв'язку розмірів обличчя та підгонки масок і респіраторів. Визначено 3D-сканування основним засобом антропометричних вимірювань за допомогою відповідного програмного забезпечення із подальшою перевіркою валідності отриманих 3D-моделей. Зазначено, що головним чинником залишається якість 3D-сканування та отримання точних віртуальних копій відповідних дизайн-продуктів з метою відтворення їх за інноваційними технологіями методами 3D-друку при виготовленні захисних масок із сучасних полімерних матеріалів.

Досліджено антропометричний розподіл українського споживача для коригування параметрів та ключових точок обличчя у проектуванні сучасних захисних масок і респіраторів за інноваційними технологіями. Виявлено 3D-антропометрію ефективним і безпечним методом вимірювання, яка дозволяє проводити вимірювання, моделювання та прогнозування результатів. Представлено авторську модель освітлення та принципову електричну схему модуля для збору даних, яка може слугувати універсальною для освітлення точок при скануванні різноманітних дизайн-об'єктів та модифікації текстури 3D-моделі. Зазначено, що тривимірні моделі в узагальненому та деталізованому видах виразно відображають формоутворення об'ємного виробу, конфігурацію, розміщення, ступінь прилягання тощо. Завдяки якісній візуалізації можна проаналізувати композиційну рівновагу форм, співвідношення функціональних елементів, і таким чином визначити ступінь естетичної привабливості представленого дизайн-об'єкта. Відтворена 3D-модель маски повною мірою може сформувати цілісне уявлення про виріб, його складові та їх співвідношення, пластичні властивості матеріалу.

Запропоновано 3D-сканування обличчя людини для моделювання абрису обличчя у трьох вимірах для подальшого використання отриманих моделей у проектуванні захисних масок-респіраторів. Також підготовлено

експериментальний манекен людини у захисній масці для проведення подальших випробувань. Обґрунтовано використання загальних додатків у віртуальних 3D-середовищах за наявності впливу шумових ефектів для забезпечення ефективності тривимірного сканування. Обґрунтовано вибір та застосовано оновлене програмне забезпечення для сканування обличчя на основі аналізу асортименту додатків, а також подальшого використання шумів і покращення якості освітлення.

У **третьому розділі** представлено напрями розвитку інноваційного дизайну сучасних ЗІЗОД, а також інноваційні технології як ключові чинники у формуванні робочих процесів та стимулюванні креативності проєктних рішень. Запропоновано використання об'єктно-орієнтованої мови програмування Python для удосконалення візуалізації зображень при створенні захисної маски як інноваційного дизайн-продукту. Виявлено, що величезна екосистема бібліотек Python забезпечує можливості первинної обробки зображень, застосовування фільтрів і видобування інформації з візуальних даних, перетворюючи складні дані у візуальне змістовне представлення.

Запропоновано альтернативний спосіб генерації текстур шуму за допомогою Python та модуля Matplotlib для Unreal Engine. Такий підхід у подальшому дозволить вирішити проєктне завдання щодо гасіння шумів та удосконалити сканування обличчя людини з метою отримання точного контуру 3D-моделі захисної маски. Зазначено, що написання спеціалізованої функції, яка використовуватиме попередньо згенерований за допомогою Python масив даних, дозволить отримати значення шуму для кожної тривимірної координати в системі та забезпечити більш природну і переконливу візуалізацію процедурних текстур на 3D-об'єктах.

Узагальнено підходи до усвідомленого вибору різних технологій оцифровування людського обличчя. Обґрунтовано доцільність вибору та використання пасивних 3D-сканерів з відповідним програмним забезпеченням на основі сучасних смартфонів з операційними системами iOS та Android для

застосування у проєктних пропозиціях; запропоновано критерії вибору програмного забезпечення для оцифровування обличчя людини в масці та візуалізації проєктного образу. Підготовлено експериментальний манекен людини у захисній масці для проведення випробувань щодо визначення особливостей та візуального оцінювання здатності прилягання різновидів захисних масок/респіраторів до обличчя людини.

Представлено зображення інтерфейсу додатку «Polysam» на різних етапах оцифровування обличчя у масці, створення та експорт 3D-моделі. На основі аналізу досліджень надано рекомендації щодо використання пристрою та програмного забезпечення для візуалізації засобів індивідуального захисту органів дихання; пошуку інноваційних проєктно-технологічних рішень у естетичному створенні 3D-моделі обличчя людини у захисній масці для повсякденного носіння.

У межах дослідження та реалізації дизайн-проєкту, розроблено та опрацьовано авторський алгоритм інноваційного проєктування з урахуванням результатів 3D-сканування обличчя та виготовлення одношарових захисних масок методом 3D-друку на основі систематизації наявних підходів до створення сучасних дизайн-продуктів.

Ключові слова: дизайн, історичний розвиток та естетика медичного одягу, засоби захисту органів дихання; візуальні комунікації; дизайн захисних масок та респіраторів, текстильні та полімерні матеріали; естетика та ергономіка виробів; інноваційні технології; усвідомлене споживання, комп'ютерне графічне моделювання; 3D-моделювання та друк; візуалізація проєктного образу; 3D-сканування.

ABSTRACT

Kuzmenko V.V. Design of products for respiratory protection: innovative technologies, modern materials.

Dissertation for the degree of Candidate of Arts (Doctor of Philosophy) in speciality 022 "Design." – Kyiv National University of Technology and Design, Kyiv, 2025.

The dissertation research is devoted to solving the urgent and important scientific task of systematising key areas of innovative development in the design of respiratory protection, studying current trends and methods, as well as identifying promising vectors for improving structures and materials. The relevance of the research topic is due to the fact that respiratory protection is one of the priority areas of the modern security industry amid growing man-made risks and pandemic challenges. Today, design goes beyond the classical understanding of artistic construction, becoming a brand of the times, in which technological transformation and intellectual adaptation are key factors in the formation of new models of human activity.

At the present stage, the design of personal respiratory protection equipment (PPE) is transforming from a highly specialised engineering process into a complex interdisciplinary field that integrates design, biomedical engineering, ergonomics and materials. This allowed us not only to identify existing problems and limitations, but also to formulate scientifically sound recommendations for the further development of respiratory protection design in the context of the global challenges of our time.

The relevance of the study is also due to the fact that the design of respiratory protection requires scientific understanding, generalisation of existing design solutions and the latest trends to systematise and develop modern trends in the historical context and practical perspective by applying innovations in the creation of effective products.

The personal contribution of the applicant is to substantiate the topic, to choose the direction of research, to summarise the results obtained, and to solve the

main design, creative and practical tasks. The author has comprehensively studied the peculiarities of the development of innovative technologies as key design factors in shaping work processes and stimulating creativity in the creation of modern PPE. An algorithm for innovative design, taking into account the results of 3D face scanning and the manufacture of single-layer protective masks by 3D printing, has been developed and processed based on the systematisation of existing approaches to creating modern design products.

The author is responsible for the main ideas, generalisation of the research results, and conclusions. The obtained results of theoretical and experimental studies have been published in domestic and foreign scientific journals. In scientific papers with co-authors, the applicant has the main provisions and statement of the problem, conducting theoretical research and process modelling, processing, systematisation and generalisation of results, drawing conclusions, implementation of the practical component of the study. The results of the study have been applied and implemented in the author's work on improving human face scanning to obtain an accurate contour of a 3D model of a protective mask, as well as justifying the feasibility of choosing technical means, devices and software in solving design problems for creating types of human protection equipment in emergency conditions.

The aim of the study is to investigate the types of PPE and the peculiarities of using modern materials in the innovative design of a protective mask, taking into account the requirements of ergonomics, aesthetics and facial anthropometry as factors in ensuring effective protection.

The goal is achieved by solving the following interrelated **tasks**:

- to analyse and study the state of development of this topic in the context of researching the concept of creating modern respiratory protection equipment in an integrated approach to designing innovative products;
- to determine the main directions and features of innovative development of design and ergonomic provision of effective protection of a person wearing a mask; to characterise the source base and research methodology;

- to study modern textile materials and polymer composites and determine the structuring of material layers in accordance with the requirements of functionality and aesthetics in the design of protective masks;
- to summarise the design experience and the latest trends to systematise modern types of filter masks and respirators; to provide potential prototypes and adaptive proposals for the creation of domestic modern respiratory protection equipment using innovative methods;
- to study the anthropometric distribution of consumers to adjust the parameters and key points of faces and model the level of illumination of points in the design of design objects, as well as to explore the features of using common applications in virtual 3D environments in three-dimensional scanning;
- provide face visualisation, justify the choice of a 3D scanner and software for the design and manufacture of a protective mask using additive technologies;
- identify development trends, develop an algorithm for creating a 3D model and implementing design solutions for an ergonomic protective mask using innovative technologies

The **object** of the dissertation is to study the features of innovative development of respiratory equipment design by using three-dimensional scanning of the human face and manufacturing products by 3D printing.

The subject of the study is the development and application of modern innovations in product design for effective respiratory protection.

The methodological basis of the study is an integrated approach: general scientific comparative, analytical, statistical, systematic and information methods are used as an integration of the possibilities of introducing promising innovative technologies. Special methods were also used: historical, compositional, morphological methods were used to analyse scientific sources, regulatory information, and industrial publications on the subject of the study; visual-analytical, figurative, and stylistic methods were used to systematise the properties of modern materials and the latest trends in the design of modern types of filter masks and respirators. The methods of synthesis, generalisation, typological, analytical allowed

us to identify current trends in the harmonious combination of technological, ergonomic and aesthetic parameters in the design of protective equipment and in the design of protective masks in particular. The study of the peculiarities of using common applications in virtual 3D environments, modelling the level of illumination during 3D scanning of design objects, as well as the use of modern devices and software for them are based on information research and visual analytical approaches. In the author's development of the algorithm for creating digital three-dimensional models and for the implementation of innovations, projectgraphic, figurative-associative, figurative-stylistic and semantic methods were used. The main provisions of the systematic approach are used - content analysis, methods of modelling design objects

The scientific novelty lies in the generalisation of design solutions and the latest trends **in the** systematisation of modern types of PPE for the creation of digital three-dimensional models in the manufacture of protective masks using innovative technologies.

For this purpose, the thesis research:

For the first time

- a comprehensive in-depth analysis of the development of respiratory protection design in the historical perspective and global context was carried out; the peculiarities of using protective masks as an element of a set of protective clothing and uniforms were identified and characterised;
- the features of functional and aesthetic aspects in the growth of the culture of using a mask as a means of effective respiratory protection in accordance with the modern risk profile focused on the future are clarified and systematised;
- the features of the use of innovative technologies and the latest polymeric materials in the design and manufacture of masks in conditions of shortage as a prerequisite for design tasks for measuring the human face using modern high-precision methods were investigated;

- the ergonomics of use and the relationship between face dimensions and respirator fitting to increase the fit of masks in accordance ~~with~~ functional requirements were investigated;

- the use of software products for modelling the illumination of a point cloud for the design of design objects using innovative methods was substantiated and developed;

- 3D scanning of a human face was proposed to create digital three-dimensional models with subsequent printing of products on 3D printers;

- an algorithm for creating a 3D model in the implementation of innovative design solutions for an ergonomic protective mask was developed; *clarified and supplemented:*

- systematised and classified the expanded range of modern types of filter masks and respirators, taking into account the latest developments of domestic protective textile protective masks, including those made of carbon materials with an improved degree of protection;

- the peculiarities of the use of filtering textile materials and the sequence of layers in the structure of the protective package for ensuring the efficiency of the filtration capacity of respiratory protective equipment are specified;

- potential prototypes and adaptive proposals for the creation of domestic modern respiratory protection means by innovative methods are presented

- the choice of a 3D scanner and software for the design and manufacture of a protective mask using 3D printing methods is substantiated;

- the possibilities of simulating textile products in Unreal Engine as a convincing visualisation of procedural textures on 3D objects were proposed; *was further developed:*

- mechanisms for predicting reliable respiratory protection during threats and providing consumers with effective means of protection were identified, studied and improved;

- the possibilities of using the object-oriented Python language to improve image visualisation when creating a protective mask as an innovative design product were investigated;
- the use of common applications in virtual 3D environments in the presence of noise effects to ensure the effectiveness of three-dimensional scanning.

The practical significance of the research results is to summarise the world and Ukrainian experience of design, enrich the initial database for further research and practical application in design. The scientific results of the research have been implemented in the educational process of the Kyiv National University of Technology and Design in the training of students majoring in 022 (B2) Design of the educational programmes "Fashion Design", "Design (by type)", specialty 182 (G15) Light Industry Technologies, educational programme "Modelling, Design and Artistic Decoration of Light Industry Products" in course and diploma design, in teaching the disciplines "Comfort and Safety of Clothing", "Integrated Design Design", "Innovative Technologies". Some of the results of the work have been used in practical design activities to determine the level of illumination and develop a set of innovative measures to solve real design problems. The results of the study can be used in the professional practice of designers engaged in the development of various types of human protection equipment and in the design of protective masks in particular, as well as in the creation of software products for 3D modelling of innovative design objects.

The paper consists of an introduction, three chapters with conclusions, general conclusions, a list of references, and appendices.

The introduction substantiates the relevance and discusses the theoretical and methodological foundations and source base of the study; indicates the relationship of the work with scientific programmes, plans and topics; defines the purpose, objectives, object, subject, chronological limits and methods of the study; defines the scientific novelty and practical significance of the work; provides information on the testing and implementation of the results of the work; indicates

the personal contribution of the applicant, publications, presents the structure and scope of the dissertation.

The first chapter outlines the directions of development of the chosen problem, describes the methodological tools, and provides an analysis of the development and directions of innovative design of respiratory protection as design objects. An analysis of the source base of scientific works by researchers is presented, and their systematisation by areas and groups of research is provided. The analysis of the current state has shown that scientific and design practices need to find new approaches, technological tools and concepts to improve the effectiveness of modern varieties, while continuing to solve the main tasks in the face of new challenges to society and human functioning, meeting the requirements for the aesthetics of newly created design products. It has been established that recent pandemic events have contributed to the accelerated development of respiratory protection, focusing on the adaptability, comfort and durability of protective masks and respirators. The analysis of the source base and research methodology has revealed that in the XXI century, the design of personal respiratory protection is transforming from a highly specialised engineering process into a complex interdisciplinary field that integrates design, biomedical engineering, ergonomics and materials. It is noted that the current state of development in the field of protective masks is characterised by a high degree of diversity of approaches; the analysis of scientific research has made it possible to identify key trends in the development of innovations.

The article analyses the impact of the general state of society and the rapid development of garment production associated with the mass production of special and protective products, which has actualised the production of protective medical clothing and its components. It is also revealed that the shortage of masks during the COVID-19 pandemic has become a symbol of the fragility of modern medicine and healthcare, and the history of medicine has proved the priority of gradually replacing reusable face masks with disposable ones. At the same time, the necessity of using reusable fabric masks as a reliable replacement for general use in society is

emphasised. The article presents the peculiarities of the classification of personal protective equipment in Ukraine, the European Union and the United States in accordance with standards and other regulatory documents that define different approaches to the design and certification of protective products. It is noted that current trends dictate the need not only to improve the efficiency of filtration and insulating properties of protective equipment, but also to adapt them to different operating conditions, improve comfort, aesthetics and ease of use.

Biometric systems are identified as next-generation technologies using 3D scanning of the human face; current research on the role of 3D scanning in the concept of Industry 4.0 is highlighted. The development of the combined use of 3D scanning and 3D printing technologies to reproduce real objects without the use of traditional techniques is proposed. The author establishes the need for an integrated approach to the design of modern respiratory protection equipment, which requires a harmonious combination of technological, ergonomic and aesthetic parameters.

The **second section** examines the range of modern textile materials and polymer composites for the manufacture of respiratory protection and their elements. Varieties of textile materials are studied and classified according to standardised characteristics and properties in terms of safety and efficiency requirements for creating protective design products of appropriate quality. The structuring of material layers in determining the efficiency of the filtration capacity of respiratory protection is investigated. It is proposed to use information on modern strategies for the production of new types of masks, as well as the use of highly active carbon sorption materials and nanotechnologies in the production of effective filters. The expediency of ensuring a high-quality fit of masks and fitting respirators to improve the protective properties and effective protection of respiratory equipment is substantiated. An assortment of special protective masks "Carbon", developed with the participation of the author, which is currently the latest and most promising development of Ukrainian scientists, is proposed for use.

It has been determined that the key factors in the reliability of PPE are the effectiveness of material filtration and the fit of the mask. The ergonomics of use

and facial anthropometry are investigated to improve the fit and increase the compliance of the mask. The issues of measuring masks and the corresponding measurement of the human face are actualised to develop a design solution for the requirements of fitting an ergonomic mask, as well as facial aesthetics.

It is proposed to ensure the reliability of fitting based on the analysis of the relationship between face dimensions and the fit of masks and respirators. 3D scanning has been identified as the main means of anthropometric measurements using appropriate software, followed by validation of the obtained 3D models. It is noted that the main factor is the quality of 3D scanning and obtaining accurate virtual copies of the relevant design products in order to reproduce them using innovative technologies by 3D printing methods in the manufacture of protective masks from modern polymeric materials.

The anthropometric distribution of the Ukrainian consumer has been studied to adjust the parameters and key points of faces in the design of modern protective masks and respirators using innovative technologies. 3D anthropometry has been found to be an effective and safe measurement method that allows for measurement, modelling and prediction of results. The author's model of illumination and the schematic diagram of the data acquisition module are presented, which can serve as a universal one for illuminating points when scanning various design objects and modifying the texture of a 3D model. It is noted that three-dimensional models in generalised and detailed forms clearly reflect the shape of a three-dimensional product, configuration, placement, degree of fit, etc. Thanks to high-quality visualisation, it is possible to analyse the compositional balance of shapes, the ratio of functional elements, and thus determine the degree of aesthetic appeal of the presented design object. The recreated 3D model of the mask can fully form a holistic view of the product, its components and their correlation, and the plastic properties of the material.

A 3D scanning of the human face is proposed to model the outline of the face in three dimensions for further use of the obtained models in the design of protective respirator masks. An experimental mannequin of a person wearing a protective mask

was also prepared for further testing. The use of common applications in virtual 3D environments in the presence of noise effects to ensure the effectiveness of 3D scanning is substantiated. The selection and application of updated face scanning software based on the analysis of the range of applications, as well as the further use of noise and improved lighting quality, is substantiated.

The third section presents the directions of development of innovative design of modern PPE, as well as innovative technologies as key factors in shaping work processes and stimulating the creativity of design solutions. It is proposed to use the object-oriented programming language Python to improve image visualisation when creating a protective mask as an innovative design product. It is found that a huge ecosystem of Python libraries provides opportunities for primary image processing, applying filters and extracting information from visual data, transforming complex data into a visual meaningful representation.

An alternative method of generating noise textures using Python and the Matplotlib module for Unreal Engine is proposed. This approach will further solve the design problem of noise reduction and improve human face scanning in order to obtain an accurate contour of a 3D model of a protective mask. It is noted that writing a specialised function that will use a pre-generated data array using Python will allow obtaining noise values for each three-dimensional coordinate in the system and provide a more natural and convincing visualisation of procedural textures on 3D objects.

Approaches to the conscious choice of different technologies for digitising the human face are generalised. The feasibility of selecting and using passive 3D scanners with appropriate software based on modern smartphones with iOS and Android operating systems for use in project proposals is substantiated; criteria for selecting software for digitising a masked person's face and visualising a project image are proposed. An experimental mannequin of a person wearing a protective mask was prepared to conduct tests to determine the features and visual assessment of the ability of different types of protective masks/respirators to fit the human face.

Images of the Polycam application interface at different stages of digitising a masked face, creating and exporting a 3D model are presented. Based on the analysis of the research, recommendations are given on the use of the device and software for visualising personal respiratory protection equipment; searching for innovative design and technological solutions in the aesthetic creation of a 3D model of a person's face in a protective mask for everyday wear.

As part of the research and implementation of the design project, the author's algorithm for innovative design, taking into account the results of 3D face scanning and the manufacture of single-layer protective masks by 3D printing, was developed and processed based on the systematisation of existing approaches to creating modern design products.

Keywords: *design, historical development and aesthetics of medical clothing, respiratory protection equipment; visual communications; design of protective masks and respirators, textile and polymeric materials; aesthetics and ergonomics of products; innovative technologies; conscious consumption, computer graphic modelling; 3D modelling and printing; visualisation of the design image; 3D scanning.*

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України

1. Хоперський С. В., Кузьменко В. В., Остапенко Н. В., Чумаченко С. М., Резніков Є. В. Екодизайн світлового середовища сучасного міста: формування підходів щодо удосконалення вимірювань освітлення міських об'єктів. *Art and Design*. 2022. № 4(19). С. 108–120. DOI: <https://doi.org/10.30857/2617-0272.2022.4.10>.
2. Кузьменко В. В., Остапенко Н. В. Проектування ергономічної захисної маски: візуалізація та вибір 3D-сканера й програмного забезпечення. *Art and Design*. 2024. № 3(27). С. 204–217. DOI: <https://doi.org/10.30857/2617-0272.2024.3.17>.
3. Олійник Г. М., Рубанка А. І., Мамченко Я. О., Остапенко Н. В., Кузьменко В. В. Текстильно-галантерейні вироби: асортимент, призначення та показники якості. *Art and Design*. 2024. № 3(27). С. 243–255. DOI: <https://doi.org/10.30857/2617-0272.2024.3.20>.
4. Антоненко І. В., Агліуллін Р. М., Вишневська О. В., Кузьменко В. В. Інтеграція космічних технологій у середовище українського архітектурного дизайну. *Art and Design*. 2024. №4(28). С. 62–75. DOI: <https://doi.org/10.30857/2617-0272.2024.4.5>.
5. Кузьменко В. В., Остапенко Н. В. Дизайн захисних масок як елементу медичного одягу: історичні нотатки та систематизація сучасних різновидів. *Art and Design*. 2024. №4(28). С. 136–155. DOI: <https://doi.org/10.30857/2617-0272.2024.4.11>.
6. Kuzmenko V. V., Ostapenko N. V. Choosing a 3D scanner for the tasks of the designer. *Theory and practice of design. Culture and art*. 2024. No. 4(34). P. 344–351. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2024.34.37>.

Опубліковані праці апробаційного характеру

7. Кузьменко В. В., Костіков М. П. Побудова IoT-системи для інтелектуального керування температурою приміщення. *Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами*: матеріали VII Міжнародної науково-технічної Internet-конференції, 26 листопада 2020. Київ: НУХТ, 2020. С. 241. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/934a9612-ecc5-4a3a-8377-320f864dac10/content>.

8. Кузьменко В. В., Мошенський А. О. Апаратно-програмний комплекс для сканування теплових сигнатур обличчя та створення їх heatmaps. *Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами*: матеріали VIII Міжнародної науково-технічної Internet-конференції, м. Київ, 26 листопада 2021 р. Київ: НУХТ, 2021. С. 207-208. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/25c5d8d1-18ae-4e51-8b5b-9156f6033f59/content>.

9. Кузьменко В. В., Олещенко Л. М., Хоперський С. В., Чумаченко С. М. Моделювання екодизайну середовища сучасного міста: методи дослідження рівня освітленості. *Сучасні тенденції розвитку інформаційних систем і телекомунікаційних технологій*: наукові праці Четвертої міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 1-2 лютого 2022 р. Київ: НУХТ, 2022. С. 102-105. URL: http://kist.ntu.edu.ua/konferencii/31_konf_2022.pdf.

10. Кузьменко В. В., Хоперський С. В. Проблеми дистанційного вимірювання освітленості дорожньої смуги та вуличної інфраструктури міста. *Електромеханічні, інформаційні системи та нанотехнології*: матеріали Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції молодих учених та студентів, м. Київ, 18 листопада 2022 р. Київ: КНУТД, 2022. С. 56-59. URL: https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/23238/1/EMISN_2022_P056-059.pdf.

11. Остапенко Н. В., Рубанка А. І., Олійник Г.М., Мамченко Я. О., Кузьменко В. В., Варволік В. В. Інформаційна база складових елементів виробів спеціального та військового призначення. *Digital transformation and technologies for sustainable development all branches of modern education, science and practice*: International Scientific and Practical Conference Proceeding, January 26, 2023. International Academy Applied Sciences in Lomza (Poland); State Biotechnological University (Ukraine). Publishing house: MANS w Łomży, Lomza, Poland, 2023. Part 3. P. 85-91. URL: https://epec.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/25115/1/Ostapenko_Rubanka_Mamchenko_prac_3_2023-85-91.pdf.

12. Остапенко Н., Кузьменко В., Мамченко Я., Весела Ю. Обґрунтування вибору програмного забезпечення для сканування засобів індивідуального захисту органів дихання. *KyivTex&Fashion*: тези доповідей VII Міжнародної науково-практичної конференції текстильних та фешн-технологій, м. Київ, 19 жовтня 2023 р. Київ: КНУТД, 2023. С. 282-283. URL: https://labmv.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/25477/1/KyivTex%26Fashion_2023_P282-283.pdf.

13. Кисельов В. Б., Кузьменко В. В., Мошенський А. О. Генерація шумів за допомогою Python для Unreal Engine. *Практичні питання функціонування і відновлення об'єктів муніципальної інфраструктури та промисловості України в сучасних умовах*: матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Київ, 17 листопада 2023 р. Київ: ТНУ ім. Вернадського. 2023. С. 182-184. URL: <https://www.calameo.com/read/003168372749b97cf65cb>.

14. Новак Д. С., Кузьменко В. В. Зростаюча роль Python в дизайнерських робочих процесах. *Дизайн у просторі новітніх технологій*: збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 17-18 квітня 2024 р. Київ: НАУ, 2024. С. 23-24. URL: https://fgsa.nau.edu.ua/wp-content/uploads/2024/05/Tez_Des_24_V_c.pdf#page=24.

15. Остапенко Н. В., Кузьменко В. В., Мамченко Я. О., Рубанка А. І. Функціональні можливості симуляції текстильних виробів в Unreal Engine як альтернатива візуалізації в CLO3D. *Дизайн у просторі новітніх технологій*:

збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 17-18 квітня 2024 р. Київ : НАУ. 2024. С. 29. URL: https://fgsa.nau.edu.ua/wp-content/uploads/2024/05/Tez_Des_24_V_c.pdf#page=24.

16. Олійник Г., Рубанка А., Кузьменко В., Остапенко Н. Систематизація текстильно-галантерейних виробів. *Актуальні проблеми сучасного дизайну* : збірник матеріалів VI Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 25 квітня 2024 р. Київ : КНУТД, 2024. Т. 1. С. 348-351. URL: https://stud.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/28191/1/APSD_2024_V1_P348-351.pdf.

17. Остапенко Н. В., Кузьменко В. В., Мамченко Я. О. Корпоративний одяг як складова модного бізнесу у повоєнному відновленні. *Синергія науки і бізнесу у повоєнному відновленні регіонів України* : матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції, м. Херсон, 24-26 квітня 2024 р. Одеса : Олді+, 2024. Т. 1. С. 185-189. URL: https://labmv.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/28101/1/2024_1-5_186-190.pdf.

18. Кузьменко В. В., Мошенський А. О. Вибір дизайну захисного спорядження для використання в умовах НС або БД на основі симуляції за допомогою Unreal Engine. *Актуальні проблеми та інноваційні технології у сфері цивільного захисту та екологічної безпеки для повоєнного відновлення України*: збірник наукових праць Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 28-30 травня 2024 р. Київ НУХТ, 2024. С.267-275. URL: <https://drive.google.com/drive/folders/16iY1fsW43jiO5zdgXhZ2U1se9dMYCVw2>.

19. 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.

20. Kuzmenko V., Mamchenko Ya., Vesela Yu. Reaserching the Possibilities of Using Innovative Technologies in the Design of Protective Masks. *Technical*

Scientific Conference of Undergraduate, Master, PhD students, Technical University of Moldova: Conferința Tehnico-Științifică a Studenților, Masteranzilor și Doctoranzilor, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chisinau, Republic of Moldova, 27-29 martie, 2024, Vol. IV. P. 2163-2165. URL: <https://repository.utm.md/bitstream/handle/5014/28362/Conf-TehStiint-UTM-StudMastDoct-2024-V4-p2163-2165.pdf?sequence=1>.

ЗМІСТ

ВСТУП	32
РОЗДІЛ 1 ІСТОРИЧНИЙ РАКУРС РОЗВИТКУ ПРОЄКТУВАННЯ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ ОРГАНІВ ДИХАННЯ: МЕТОДОЛОГІЯ, ДЖЕРЕЛЬНА БАЗА ..	43
1.1. Аналіз сучасного стану дослідження розвитку та напрямів інноваційного проєктування засобів захисту органів дихання як дизайн- об'єктів	43
1.2. Джерельна база та методи дослідження	62
Висновки до розділу 1	85
РОЗДІЛ 2 ЕРГОНОМІКА ТА АНТРОПОМЕТРІЯ ОБЛИЧЧЯ ЛЮДИНИ 3D- СКАНУВАННЯМ КЛЮЧОВИХ ТОЧОК ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕФЕКТИВНОГО ЗАХИСТУ ОРГАНІВ ДИХАННЯ	89
2.1. Дослідження сучасних текстильних матеріалів і полімерних композитів для виготовлення засобів захисту органів дихання та їх елементів	89
2.1.1. Фільтрувальні текстильні матеріали ЗІЗОД для забезпечення захисту та можливості утилізації	89
2.1.2. Структурування шарів матеріалів у визначенні ефективності фільтраційної здатності ЗІЗОД	95
2.2. Захисна маска як естетичний акцент в образі: функціональність і візуальна привабливість	103
2.2.1. Антропометрія обличчя та удосконалення посадки маски як чинник забезпечення ефективного захисту	105
2.2.2. Ергономіка використання та підвищення відповідності носіння маски для обличчя	109
2.2.3. Обтюрація масок та аналіз зв'язку між розмірами обличчя та підгонкою респіратора	113
2.3. Узагальнення проєктних рішень і новітніх тенденцій для систематизації сучасних різновидів фільтрувальних масок і респіраторів	119
2.3.1. Механізми прогнозування надійного захисту органів дихання під час загроз та забезпечення споживачів ефективними засобами	122
2.3.2. Потенційні прототипи та адаптивні пропозиції у створенні вітчизняних сучасних засобів захисту органів дихання інноваційними методами	125

2.4. Вивчення антропометричного розподілу українського споживача для коригування параметрів та ключових точок обличчя у проєктуванні сучасних захисних масок і респіраторів за інноваційними технологіями.	140
2.4.1. Моделювання рівня освітленості точок при проєктуванні дизайн-об'єктів	149
2.5. 3D-сканування обличчя людини для створення цифрових тривимірних моделей.....	152
2.5.1. Особливості застосування та інтеграція боді-сканерів для визначення розмірних ознак та формування моделі людини	161
2.5.2. Використання загальних додатків у віртуальних 3D-середовищах за наявності впливу шумових ефектів для забезпечення ефективності тривимірного сканування	163
Висновки до розділу 2	166
РОЗДІЛ 3 ПРОЄКТНІ ПРАКТИКИ ДИЗАЙНУ ЗАХИСНИХ МАСОК З ВИКОРИСТАННЯМ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	172
3.1. Дослідження можливостей застосування об'єктно-орієнтованої мови Python для удосконалення візуалізації зображень при створенні захисної маски як інноваційного дизайн-продукту	172
3.2. Функціональні можливості симуляції текстильних виробів в Unreal Engine як переконлива візуалізація процедурних текстур на 3D-об'єктах	176
3.3. Візуалізація та вибір 3D-сканера і програмного забезпечення для проєктування та виготовлення захисної маски адитивними методами	182
3.4. Розробка алгоритму створення 3D-моделі та реалізації проєктних рішень ергономічної захисної маски за інноваційними технологіями	185
Висновки до розділу 3	194
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	198
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	202
ДОДАТКИ.....	245

ВСТУП

Актуальність теми. Дизайн на початку третього десятиліття XXI століття перетворюється на основну парадигму інноваційного розвитку суспільства, визначаючи не лише естетичні та функціональні параметри матеріального середовища, а й формуючи комплексні підходи до вирішення актуальних завдань безпеки, екології та охорони здоров'я. Сьогодні дизайн виходить за межі класичного розуміння художнього конструювання, стаючи брендом часу, в якому технологічна трансформація та інтелектуальна адаптація виступають як ключові фактори формування нових моделей життєдіяльності людини.

Актуальність теми дослідження за визначеною тематикою обумовлена тим, що захист дихання є однією з пріоритетних сфер сучасної індустрії безпеки на тлі зростання техногенних ризиків та пандемічних викликів. На сучасному етапі проектування засобів індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД) трансформується з вузькоспеціалізованого інженерного процесу в комплексну міждисциплінарну область, що інтегрує дизайн, біомедичну інженерію, ергономіку та матеріали. Об'єкти дизайну, незважаючи на своє розмаїття, розвиваються за єдиними принципами, орієнтованими на стійкість, ергономічність та функціональну ефективність. Ці закономірності особливо яскраво проявляються у галузі проектування засобів захисту органів дихання, де інноваційні методології та новітні матеріали стають визначальними у створенні безпечного та комфортного середовища для людини. Сучасні тенденції диктують необхідність не тільки підвищення ефективності фільтраційних та ізолюючих властивостей захисних засобів, але й адаптації їх до різних умов експлуатації, покращення комфорту, естетики та зручності використання.

Формування нових підходів до проектування засобів захисту дихання спирається на методологічні принципи дизайну як науки, в рамках якої розробляються інноваційні рішення; характеризується інтеграцією цифрових технологій, новітніх матеріалів та адаптивних конструкцій. Актуалізовано

можливості забезпечення використання 3D-сканерів, а також обґрунтовано доцільність вибору технічних засобів, приладів та програмного забезпечення у вирішенні проєктних задач для створення різновидів індивідуальних 3D-моделей обличчя людини та проєктування захисних масок з подальшим їх виготовленням методом 3D-друку. У цьому контексті дизайнерське проєктування стає невід’ємним інструментом формування нової концепції безпеки, що базується на синтезі функціональності, естетики та технологічної досконалості.

Актуальність дослідження зумовлена також тим, що дизайн засобів захисту органів дихання потребує наукового осмислення, узагальнення наявних проєктних рішень і новітніх тенденцій для систематизації та розвитку сучасних напрямів в історичному контексті та практичному ракурсі шляхом застосування інновацій при створенні ефективних виробів.

Джерельною базою наукового дослідження стали теоретичні праці дослідників дизайну, якій в умовах глобалізації та швидкого технологічного прогресу фіксує поняття як наратив, визначаючи логіку розвитку промислового виробництва, соціальних стратегій та наукових досліджень. Виявлені процеси та виклики вплинули на естетику свідомості споживачів, визначили дизайн як самостійну сферу творчості, окреслили основні тенденції його розвитку, запропонували нові тренди у створенні дизайн-продуктів інноваційними методами. Так, дослідження:

- історії розвитку дизайну захисного і корпоративного одягу у XIX – початку XXI століть висвітлено у працях – М. Колосніченко, Н. Остапенко, О. Колосніченко, Л. Краснюк, Т. Кротової, К. Пашкевич, І. Приходько-Кононенко, Т. Струмінської, О. Трояна, Н. Чупріної, М. Яковлева, J. Bruno, H. Fangerau, C. Matuschek, F. Moll., T. Schlich;

- природних і гуманітарних процесів у контексті глобальних викликів сучасності, з екологічного біодизайну та інноваційних матеріалів у сталому розвитку сучасних дизайн-продуктів системно розглянуто Н. Супрун, С. Арабулі, В. Власенко, О. Колосніченко, Н. Остапенко, О. Чепелюк, М. Chua,

S. Das, S. Grigg, P. Jangyadatta, D. Jones, D. Kharaghani, F. König, F. Seidi, S. Sidhartha, T. Tunevall, A. Venugopal;

- з питань дизайну, естетики та ергономіки у інноваційному проєктуванні засобів захисту органів дихання представлено у роботах М. Колосніченко, Н. Остапенко, С. Рибалко, Л. Третьякової, С. Чеберячко, A. Bałazy, L. Bowen, W. Deng, T. Görner, W. Herpt, R. Kiekens, P. Kumar, V. Packiriswamy, E. Prokopakis, A. Ramratan, J. Vent;

- антропометрії обличчя, моделювання рівня освітленості та визначення ключових точок для прогнозування ефективного захисту людини у масці висвітлено в трудах А. Еннана, С. Чеберячко, О. Дрюгіна, J. Andrews, Í. Brito, M. Bureš, V. Chmelík, P. Clapp, M. Ebrahim, R. Fangueiro, L. Farkas, M. Fil'o, A. Gardner, Q-X. Ma, B. Makison, S. Misra, Y. Mizumoto, A. Mueller, E. O'Kelly, S. Rengasamy, L. Sunilkumar, B. Sureka, A. Tcharkhtchi, T. Tollefson;

- особливостей застосування 3D-сканерів та розвитку інновацій при створенні цифрових тривимірних моделей людини наведено у роботах Д. Довгополого, Ю. Панфілової, О.Н. Романюк, А. Слуківської, О.В. Романюк, А. Терешкевич, А. Чан, M. Edl, M. Gregor, S. Ishack, Š. Medvecký, M. Mizerák, A. Štefánik., A. Thurzo, J. Trojan, A. Wen, L. Wonsup, Y. Zhao;

- розробки та використання загальних додатків у віртуальних 3D-середовищах за наявності впливу шумових ефектів для забезпечення ефективності 3D-сканування представлено у дослідженнях В. Кисельова, А. Коваленко, А. Мошенського, В. Нещадима, U. Abdullaev, M. Codari, R. Cortes, Z. Fourie, T. Ganetsos, A. Haleem, A. Kantaros, J. Kęsik, A. Kus., C. Lane, M. Milosz, B. Van Loon, E. Yip;

- удосконалення програмного забезпечення, вибору мови програмування, симуляції текстильних виробів сучасним інструментарієм для візуалізації процедурних текстур на 3D-об'єктах наведено у працях В. Бажана, О. Дудник, Н. Защепкіної, Д. Новака, Н. Терентьєвої, S. Bangsow, L. Cai, P. Cignoni, F. Docchio, C. Montani, G. Sansoni, A. Yang, R. Zhang;

- з цифрового дизайну та створення 3D-моделей інноваційних дизайн-продуктів у трансформації модних трендів висвітлено у дослідженнях Ю. Чеберячко, М. Наумова, Ю. Панфілової, О. Станіславчука, О. Яворської, M. Daneshmand, J. Huckenpahler, M. Loew, K. Mitic, S. Obaid, D.Provenzano, Y. Rao, C. Rocchini, A. Taylor, E. Unver.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертація виконана відповідно до напрямів наукових досліджень кафедр моди та стилю (ергономіки і дизайну) Київського національного університету технологій та дизайну «Н/н 7/21 Культурологія, естетика, конструктивно-функціональна проблематика дизайну в контексті етнокультури, екології та систем життєзабезпечення людини» (2021-2022 рр.); відповідно до науково-дослідних тем кафедри моди та стилю «Н/н 7/23 Дизайн і мистецтво у створенні систем життєзабезпечення людини: ергономічні, естетичні, екологічні, етнокультурні аспекти»; «Н/н 45/24 Дизайн-ергономічне проектування захисного одягу та виробів різного призначення»; «Н/н 7/24 Мистецтво моди у цифровому вимірюванні: синергія екодизайну та інноваційних технологій».

Метою роботи є дослідження різновидів ЗІЗОД та особливостей застосування сучасних матеріалів у інноваційному проектуванні захисної маски з урахуванням вимог ергономіки, естетики та антропометрії обличчя як чинників забезпечення ефективного захисту.

Поставлена мета досягається за рахунок вирішення таких взаємопов'язаних **завдань**:

- аналіз та дослідження стану розробленості зазначеної тематики у контексті дослідження концепції створення сучасних засобів захисту органів дихання у інтегральному підході проектування інноваційних виробів;
- визначити основні напрями та особливості інноваційного розвитку дизайн-ергономічного забезпечення ефективного захисту людини у масці; охарактеризувати джерельну базу і методологію дослідження;

- дослідити сучасні текстильні матеріали і полімерні композити та визначити структурування шарів матеріалів відповідно вимог функціональності та естетики у дизайні захисних масок;

- узагальнити досвід проєктування та новітні тенденції для систематизації сучасних різновидів фільтрувальних масок і респіраторів; навести потенційні прототипи та адаптивні пропозиції у створенні вітчизняних сучасних засобів захисту органів дихання інноваційними методами;

- вивчити антропометричний розподіл споживачів для коригування параметрів і ключових точок обличчя та моделювання рівня освітленості точок при проєктуванні дизайн-об'єктів, а також дослідити особливості використання загальних додатків у віртуальних 3D-середовищах при тривимірному скануванні;

- забезпечити візуалізацію обличчя, обґрунтувати вибір 3D-сканера і програмного забезпечення для проєктування та виготовлення захисної маски адитивними технологіями;

- визначити тенденції розвитку, розробити алгоритм створення 3D-моделі та реалізації проєктних рішень ергономічної захисної маски за інноваційними технологіями

Об'єктом дисертаційної роботи є дослідження особливостей інноваційного розвитку дизайну засобів органів дихання шляхом застосування тривимірного сканування обличчя людини та виготовлення виробів методом 3D-друку.

Предметом дослідження є розвиток та застосування сучасних інновацій у дизайні виробів для ефективного захисту органів дихання.

Хронологічні рамки дослідження визначаються постановкою проблеми та охоплюють кінець XIX – початок XXI століття.

Методологічною основою дослідження є комплексний підхід: застосовано загальнонаукові порівняльний, аналітичний, статистичний, системно-інформаційний методи як інтеграцію можливостей впровадження

перспективних інноваційних технологій. Також використано спеціальні методи: для аналізу наукових джерел, нормативної інформації, виробничих публікацій за тематикою дослідження – історичний, композиційний, морфологічний; для систематизації властивостей сучасних матеріалів та новітніх тенденцій у проектуванні сучасних різновидів фільтрувальних масок і респіраторів застосовано візуально-аналітичний, образно-стилістичний методи. Методи синтезу, узагальнення, типологічний, аналітичний дозволили визначити актуальні тенденції гармонійного поєднання технологічних, ергономічних і естетичних параметрів при проектуванні засобів захисту та у дизайні захисних масок зокрема. Дослідження особливостей використання загальних додатків у віртуальних 3D-середовищах, моделювання рівня освітленості при 3D-сканування дизайн-об'єктів, а також застосування сучасних приладів і програмного забезпечення до них базуються на інформаційно-дослідницькому та візуально-аналітичному підходах. В авторській розробці алгоритму створення цифрових тривимірних моделей та для реалізації інновацій застосовано проєктно-графічний, образно-асоціативний, образно-стилістичний і семантичний методи. Використано основні положення системного підходу – контент-аналіз, методи моделювання дизайн-об'єктів

Наукова новизна полягає в узагальненні дизайн-рішень і новітніх тенденцій у систематизації сучасних різновидів ЗІЗОД для створення цифрових тривимірних моделей при виготовленні захисних масок за інноваційними технологіями.

Для цього у дисертаційному дослідженні:

вперше:

- проведено комплексний поглиблений аналіз розвитку дизайну засобів органів дихання в історичному ракурсі та світовому контексті; визначено і охарактеризовано особливості використання захисних масок як елементу комплексу захисного одягу та уніформи;

- уточнено та систематизовано особливості функціонального та естетичного аспектів у зростанні культури використання маски як засобу ефективного захисту органів дихання відповідно до сучасного профілю ризиків, орієнтованих на майбутнє;

- досліджено особливості застосування інноваційних технологій та новітніх полімерних матеріалів при проєктуванні та виготовленні масок в умовах дефіциту як передумови проєктних завдань для вимірювання обличчя людини сучасними високоточними методами;

- досліджено ергономіку використання та взаємозв'язок між розмірами обличчя і підгонкою респіратору для підвищення обтірюації масок відповідно до функціональних вимог;

- обґрунтовано застосування та розроблено програмні продукти при моделюванні освітлення точок для проєктування дизайн-об'єктів інноваційними методами;

- запропоновано 3D-сканування обличчя людини для створення цифрових тривимірних моделей із подальшим друком виробів на 3D-принтерах;

- розроблено алгоритм створення 3D-моделі у реалізації інноваційних проєктних рішень ергономічної захисної маски;

уточнено та доповнено:

- систематизовано та класифіковано доповнений асортимент сучасних різновидів фільтрувальних масок і респіраторів з урахуванням новітніх розробок вітчизняних захисних текстильних захисних масок, в тому числі з вуглецевих матеріалів поліпшеного ступеню захисту;

- уточнено особливості застосування фільтрувальних текстильних матеріалів та послідовності шарів у структури захисного пакету для забезпечення ефективності фільтраційної здатності засобів органів дихання;

- наведено потенційні прототипи та адаптивні пропозиції у створенні вітчизняних сучасних засобів захисту органів дихання інноваційними методами

- обґрунтовано вибір 3D-сканера та і програмного забезпечення для проєктування та виготовлення захисної маски методами 3D-друку;
- запропоновано можливості симуляції текстильних виробів в Unreal Engine як переконливої візуалізації процедурних текстур на 3D-об'єктах;

набуло подальшого розвитку:

- виявлено, вивчено та удосконалено механізми прогнозування надійного захисту органів дихання під час загроз та забезпечення споживачів ефективними засобами боротьби;
- досліджено можливості застосування об'єктно-орієнтованої мови Python для удосконалення візуалізації зображень при створенні захисної маски як інноваційного дизайн-продукту;
- запропоновано використання загальних додатків у віртуальних 3D-середовищах за наявності впливу шумових ефектів для забезпечення ефективності тривимірного сканування.

Практичне значення одержаних результатів дослідження полягає в узагальненні світового та українського досвіду проєктних практик та інновацій у дизайні засобів захисту органів дихання, збагаченні вихідної бази даних для подальших досліджень та практичного застосування при проєктуванні. Наукові результати досліджень впроваджено в освітній процес Київського національного університету технологій та дизайну при підготовці студентів спеціальностей 022 (B2) Дизайн освітніх програм «Дизайн одягу», «Дизайн (за видами)», спеціальності 182 (G15) Технології легкої промисловості, освітньої програми «Моделювання, конструювання та художнє оздоблення виробів легкої промисловості» при курсовому і дипломному проєктуванні, при викладанні дисциплін «Комфортність і безпечність одягу», «Комплексне дизайн-проєктування», «Інноваційні технології в дизайні», «Особливості проєктування товарів різного призначення». Окремі результати роботи використано у практичній дизайнерській діяльності з визначення рівня освітленості та розробки комплексу новітніх заходів для вирішення реальних

завдань проєктування. Результати дослідження можуть бути використані у професійній практичній діяльності дизайнерів, що займаються розробкою різновидів засобів захисту людини та у дизайні захисних масок зокрема, а також при створенні програмних продуктів для 3D-моделювання інноваційних дизайн-об'єктів.

Особистий внесок здобувача полягає в обґрунтуванні теми, здійсненні вибору напряму досліджень, в узагальненні отриманих результатів, а також у вирішенні основних проєктно-творчих та практичних завдань. Безпосередньо автором комплексно досліджено особливості розвитку інноваційних технологій як ключових чинників дизайну у формуванні робочих процесів та стимулюванні креативності при створенні сучасних ЗІЗОД. Розроблено та опрацьовано алгоритм інноваційного проєктування з урахуванням результатів 3D-сканування обличчя та виготовлення одношарових захисних масок методом 3D-друку на основі систематизації наявних підходів до створення сучасних дизайн-продуктів.

Авторові належать основні ідеї, узагальнення результатів дослідження, висновки. Отримані результати теоретичних та експериментальних досліджень опубліковано у вітчизняних та закордонних наукових фахових виданнях. У наукових працях зі співавторами здобувачеві належать основні положення та постановка завдання, проведення теоретичних досліджень та моделювання процесів, обробка, систематизація та узагальнення результатів, формування висновків, реалізація практичної складової дослідження. Результати роботи знайшли своє застосування та практичну реалізацію у роботах автора з удосконалення сканування обличчя людини з метою отримання точного контуру 3D-моделі захисної маски, а також обґрунтування доцільності вибору технічних засобів, приладів та програмного забезпечення у вирішенні проєктних задач для створення різновидів засобів захисту людини у надзвичайних умовах.

Апробація матеріалів дисертації. Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на наукових

конференціях різних рівнів у період з 2021 по 2024 рр., у тому числі: VIII Міжнародної науково-технічної Internet-конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами» (НУХТ, м. Київ, 26 листопада 2021 р.); Четвертої міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні тенденції розвитку інформаційних систем і телекомунікаційних технологій» (НУХТ, м. Київ, 1–2 лютого 2022 р.); Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції молодих учених та студентів «Електромеханічні, інформаційні системи та нанотехнології» (КНУТД, м. Київ, 18 листопада 2022 р.); International Scientific and Practical Conference «Digital transformation and technologies for sustainable development all branches of modern education, science and practice» (International Academy Applied Sciences in Lomza (Poland); State Biotechnological University (Ukraine). Publishing house: MANS w Łomży, Lomza, Poland, January 26, 2023); V, VI-Міжнародних науково-практичних конференціях «Актуальні проблеми сучасного дизайну» (КНУТД, м. Київ, 27 квітня 2023 р., 25 квітня 2024 р.); VII Міжнародної науково-практичної конференції текстильних та фешн-технологій «KyivTex&Fashion»(КНУТД, м. Київ, 19 жовтня 2023 р.); Всеукраїнської науково-практичної конференції «Практичні питання функціонування і відновлення об'єктів муніципальної інфраструктури та промисловості України в сучасних умовах» (ТНУ ім. Вернадського, м. Київ, 17 листопада 2023 р.); Міжнародної науково-практичної конференції «Дизайн у просторі новітніх технологій» (НАУ, м. Київ, 17-18 квітня 2024 р.); II Міжнародної науково-практичної конференції «Синергія науки і бізнесу у повоєнному відновленні регіонів України» (ХНТУ, м. Херсон, 24-26 квітня 2024 р.); Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми та інноваційні технології у сфері цивільного захисту та екологічної безпеки для повоєнного відновлення України» (НУХТ, м. Київ, 28-30 травня 2024 р.); Першої Міжнародної науково-практичної конференції «Штучний інтелект та інформаційні технології» (НУХТ, м. Київ, 3–4 червня 2024 р.); Conferința

Tehnico-Științifică a Studenților, Masteranzilor și Doctoranzilor, Universitatea Tehnică a Moldovei «Technical Scientific Conference of Undergraduate, Master, PhD students, Technical University of Moldova» (Universitatea Tehnică a Moldovei, Chisinau, Republic of Moldova, 27-29 martie, 2024).

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 20 праць, у тому числі 6 статей у фахових виданнях України категорії «Б», 14 доповідей на всеукраїнських та міжнародних наукових конференціях і симпозіумах, з яких 2 – за кордоном.

Дисертація доповідалась повністю і здобула позитивну оцінку на фаховому науковому семінарі кафедр моди та стилю КНУТД (лютий, 2025 р.), міжкафедральному науковому семінарі КНУТД (м. Київ, травень 2025 р.).

Структура та обсяг дисертаційної роботи. Дисертація складається зі вступу, трьох розділів з висновками, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 327 сторінок друкованого тексту; обсяг основної частини роботи складає 201 сторінку, налічує 4 рисунки та 5 таблиць. Список використаних джерел містить 379 позицій розміщено на 44 сторінках, додатки – на 82 сторінках.

РОЗДІЛ 1

ІСТОРИЧНИЙ РАКУРС РОЗВИТКУ ПРОЄКТУВАННЯ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ ОРГАНІВ ДИХАННЯ: МЕТОДОЛОГІЯ, ДЖЕРЕЛЬНА БАЗА

1.1. Аналіз сучасного стану дослідження розвитку та напрямів інноваційного проєктування засобів захисту органів дихання як дизайн-об'єктів

Дизайн на початку третього десятиліття ХХІ століття перетворюється на основну парадигму інноваційного розвитку суспільства, визначаючи не лише естетичні та функціональні параметри матеріального середовища, а й формуючи комплексні підходи до вирішення актуальних завдань безпеки, екології та охорони здоров'я. Сьогодні дизайн виходить за межі класичного розуміння художнього конструювання, стаючи брендом часу, в якому технологічна трансформація та інтелектуальна адаптація середовища виступають як ключові фактори формування нових моделей життєдіяльності людини.

В умовах глобалізації та швидкого технологічного прогресу дизайн фіксує поняття як наратив, визначаючи логіку розвитку промислового виробництва, соціальних стратегій та наукових досліджень. Об'єкти дизайну, незважаючи на своє розмаїття, розвиваються за єдиними принципами, орієнтованими на стійкість, ергономічність та функціональну ефективність. Ці закономірності особливо яскраво проявляються у галузі проєктування засобів індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД), де інноваційні методології та новітні матеріали стають визначальними у створенні безпечного та комфортного середовища для людини.

Захист дихання є однією з пріоритетних сфер сучасної індустрії безпеки, що зумовлено зростанням екологічних загроз, збільшенням техногенних ризиків та пандемічними викликами, з якими стикається людство. У ХХІ столітті проєктування засобів індивідуального захисту органів

дихання трансформується з вузькоспеціалізованого інженерного процесу в комплексну міждисциплінарну область, що інтегрує дизайн, біомедичну інженерію, ергономіку та матеріали. Сучасні тенденції диктують необхідність не тільки підвищення ефективності фільтраційних та ізолюючих властивостей захисних засобів, але й адаптації їх до різних умов експлуатації, покращення комфорту, естетики та зручності використання.

Формування нових підходів до проєктування засобів захисту дихання спирається на методологічні принципи дизайну як науки, в рамках якої розробляються інноваційні рішення, що враховують динамічні зміни середовища, анатомо-фізіологічні особливості користувача та принципи біонічного моделювання. Використання високотехнологічних матеріалів, таких як нанофільтри, композитні полімери та активні мембрани, забезпечує підвищення ефективності захисту, знижуючи при цьому навантаження на організм людини та покращуючи якість взаємодії користувача з виробом.

Сучасний етап розвитку ЗІЗОД характеризується інтеграцією цифрових технологій, біосенсорних систем та адаптивних конструкцій, що дозволяє проєктувати не просто засоби захисту, а інтелектуальні комплекси, здатні аналізувати стан навколишнього середовища та автоматично підлаштовуватися під умови, що змінюються. У цьому контексті дизайнерське проєктування стає невід'ємним інструментом формування нової концепції безпеки, що базується на синтезі функціональності, естетики та технологічної досконалості.

Таким чином, аналіз сучасного стану дослідження в галузі проєктування засобів захисту дихання є важливим науковим завданням, що вимагає розгляду ключових напрямів інноваційного розвитку даної сфери, вивчення актуальних тенденцій та методів, а також визначення перспективних векторів удосконалення конструкцій та матеріалів. Цей аналіз дозволить не лише виявити існуючі проблеми та обмеження, а й сформулювати науково обґрунтовані рекомендації щодо подальшого розвитку проєктування засобів захисту дихання у контексті глобальних викликів сучасності.

Відомо, що засоби індивідуальної захисту (ЗІЗ) використовуються споживачами для відвертання або зменшення дії шкідливих та небезпечних виробничих факторів, захисту від забруднення, а також від пандемій, продовжують вирішувати основні завдання в нових умовах функціонування людини, екологічних викликів при одночасному виконанні естетичних вимог до дизайн-продуктів, зумовлених періодом постмодерну та застосуванням сучасних інновацій, потребують пошуку нових образів, форм, технологічних засобів та концепцій у проєктуванні одягу, що буде відповідати мінливим реаліям сьогодення [27].

Концепція створення сучасних ЗІЗОД лишилася майже незмінною з початку ХХ ст., але сьогодні в проєктуванні враховується не тільки функціональне призначення, а й набутий досвід. Аналіз розвитку за останні сто років свідчить про вплив загального стану суспільства та стрімкого розвитку швейного виробництва, пов'язаний з масовим виготовленням виробів спеціального та захисного призначення. Тому, нами актуалізовано напрям виробництва захисного медичного одягу та його складових елементів, здатних забезпечити збереження життя, здоров'я та працездатності людини з урахуванням функціональних особливостей та композиційних вимог.

Класифікація ЗІЗ в Україні встановлюється відповідно до ДСТУ 7239:2011 [9], де залежно від призначення вони підрозділяються на десять класів: з особи захисту голови, органів слуху, очей і обличчя, органів дихання, рук, ніг, шкіри, а також одяг спеціальний захисний від різних уражень та комплексні засоби захисту. Класифікація ЗІЗ у ЄС підпадає під сферу застосування діючих стандартів [9-13]; поділяються на три категорії: I – вироби простого дизайну; II – не належать до категорії I або III; III – складна конструкція, куди відносяться деякі ЗІЗОД (респіратори, фільтруючі дихальні пристрої для захисту від твердих та рідких аерозолів тощо). Складові матеріали та інші компоненти класів ЗІЗОД повинні бути вибрані (або спроектовані) та використані таким чином, щоб забезпечити належне дихання користувача та гігієну дихання протягом відповідного періоду носіння за

передбачуваних умов використання; має містити ідентифікаційний знак виробника та деталі специфічних характеристик типу обладнання.

Існують різні підходи щодо класифікації ЗІЗОД відповідно до визначених ознак; приклади наведено на (рис. А.1) [7; 78; 86]. До ЗІЗОД відносяться респіратори, протигази, маски та їх різновиди. Респіратори являють собою полегшений засіб захисту органів дихання від шкідливих газів, парів, аерозолів та пилу; поділяються на два типи: 1) респіратори, у яких напівмаска і фільтруючий елемент одночасно служать і лицевою частиною; 2) респіратор, який очищає вдихається повітря у фільтруючих патронах, приєднаних до напівмаски. За призначенням поділяються на протипилові, протигазові та газопилезахисні. Протипилові захищають органи дихання від аерозолів різних видів, протигазові від шкідливих парів та газів, а газопилезахисні від газів, парів та аерозолів при одночасної їх присутності у повітрі. Протигаз застосовується як самостійний засіб індивідуальної захисту та в комплекті з іншими засобами (наприклад, із загальновійськовим захисним комплектом). Протигаз складається з лицьової частини (маски, шолом-маски), фільтрує-поглинає коробки, які з'єднані між собою безпосередньо або за допомогою з'єднувальної трубки. У комплект протигазу входять сумка і незапiтніють плівки, а також, в залежності від типу протигазу, можуть бути мембрани переговорного пристрою, трикотажний чохол. Фільтруюче-поглинаюча (протигазова) коробка призначена для очищення повітря, що вдихається людиною, від пар та аерозолів отруйних, сильнодіючих отруйних та радіоактивних речовин, а також бактеріальних засобів.

Сучасне проектування різновидів ЗІЗОД та відповідного одягу спеціального призначення потребує інтегрального підходу до формоутворення з урахуванням усіх його компонентів. Це дозволить вирішити проблеми його функціональності та комфортності шляхом гармонійного поєднання в системі «людина-одяг-середовище». Представлене дослідження виявляє значну кількість завдань щодо удосконалення формоутворення та

проектування сучасного захисного одягу корпорацій різного призначення та його окремих елементів [49].

До основних вимог, яким має задовольняти корпоративний одяг спеціального призначення, належать захист від впливу шкідливих та небезпечних виробничих факторів, забезпечення безпеки праці, збереження нормального функціонального стану людини та її працездатності. І, звичайно, одяг не повинен надавати токсичної дії на організм людини при її експлуатації та виготовленні; для цього проведено опитування респондентів-споживачів корпоративного одягу різних сегментів. У цьому зв'язку треба також виокремити найважливішу роль створення та використання сучасних матеріалів, завдання параметрів, дослідження їх характеристик для покращення споживачів актуального одягу. У КНУТД успішно проводяться наукові дослідження та багато років працює акредитована випробувальна текстильна лабораторія «Текстиль-ТЕСТ», а також відповідні наукові лабораторії кафедр, де ґрунтовно проводяться випробування властивостей текстильних матеріалів, оцінювання пакетів одягу різного призначення з урахуванням потреб військових, текстилю та виробів для профілактики захворювань (маски, одяг для медичного персоналу та клінічно хворих тощо). Дослідження проводяться відповідно до стандартизованих вимог щодо тканин, трикотажних полотен, супутніх матеріалів для виробів різного призначення ; лабораторія оснащена новим обладнанням та відповідає загальним стандартам виконання випробувань. Світ змінюється, затребуваними стають нова стилістика, актуальні військові та корпоративні тренди уніформи різного призначення, що потребує зміни технології виготовлення одягу та взуття, аксесуарів та доповнень [49].

Через спалахи респіраторного вірусу COVID-19 та його подальші мутації, проектування функціонального адаптивного одягу є одним з перспективних напрямків розвитку швейної промисловості в Україні. Такий одяг є затребуваним особами, що перебувають на лікуванні або реабілітаційно-профілактичних заходах після COVID-19 і є вагомим фактором

у зменшенні соціальної та психічної ізоляції в суспільстві [48]. Існуючий сучасний функціональний адаптивний одяг для пацієнтів із захворюванням COVID-19 не в повній мірі відповідає конкретному рівню висунутих до нього специфічних вимог, не є ергономічним. Споживачами таких виробів є пацієнти, які перебувають на етапі профілактики, лікування чи реабілітації. Їх забезпечення функціональним адаптивним одягом сприяє зниженню тривалості надання медичних заходів.

Медичний одяг в узагальненому вигляді є спеціальним одягом особливого призначення, здатний створити ефективний бар'єр від різних мікроорганізмів, які містяться у повітрі та рідинах. Цей спеціалізований професійний тип уніформи є сучасним різновидом засобів індивідуальної захисту (ЗІЗ), який використовують не тільки лікарі, а й працівники санітарних служб, лабораторій, харчоблоків, інших галузей для захисту від інфекцій та запобігання зараженню. Різновидами медичного одягу є халати, костюми, комбінезони, а також аксесуари до них: маски, рукавички, бахіли тощо [3; 34]. Окрему дослідницьку базу ефективності використання медичного одягу складають дискусії між хірургією та лікарняною гігієною, які ще до 1990 років обговорювали можливість «зменшення ранових інфекцій шляхом використання хірургічної захисту рота та носа» [350]. Зазначимо, що сьогодні, відповідно до рекомендацій RKI (німецький Інститут гігієни Роберта Коха), наявні дані показують, що хірургічні маски для обличчя знижують забруднення повітря в приміщенні [351]. Під час пандемії SARS-COVID-19 використання масок для обличчя стало загальноприйнятою процедурою в всьому світі, хоча наукова дискусія, яка сягає корінням в історію медицини та науки, триває й досі. Найпростішим засобом захисту органів дихання є протипилова тканинна маска та ватно-марлева пов'язка. Вони захищають органи дихання від радіоактивної пилки та деяких видів бактеріологічних засобів, але непридатні для захисту від бактерій та отруйних речовин.

Водночас виявлено, що під час останньої пандемії медичні працівники, які були змушені постійно носити засоби захисту органів дихання,

висловлювалися про незручності у користуванні існуючими масками. Це підтверджує вагомість ергономічних показників захисних виробів разом із безпосередньо захисними, посилюючи особливість використання у сфері медичного застосування. Крім того, масове застосування захисних виробів серед широких верств населення показало недостатню комфортність у використанні та естетику існуючих масок для повсякденного носіння. Тому актуальними є подальші дослідження ефективності захисту при довготривалому носінні маски на обличчі, що вимагає дослідження та систематизації існуючих різновидів захисних масок з метою формулювання вимог до формоутворення, вибору матеріалів, конфекціювання пакетів для розробки естетичних сучасних проєктних рішень відповідно до функцій призначення.

Медична уніформа – одна з найвідоміших у світі: білий халат, шапочка, маска та рукавички стали невід’ємною частиною повсякденного життя шкірного лікаря. Але далеко не кожен знає, як виглядав лікар у Стародавньому Римі, коли в історії зародився класичний образ медичного працівника. Точної дати появи медичного халату та його творця історія не знає досі. Лише за літературними творами, картинами та фотографіями ми можемо відновлювати та аналізувати історію медичного одягу.

Перша альтернатива медичної уніформи з’явилася лише у XVII ст. під час розповсюдження пандемій чуми, віспи, холери та інших особливо небезпечних інфекцій. У людській популяції соціальні контакти завжди є ключем до передачі бактерій, вірусів. Використання масок для обличчя має вирішальне значення для запобігання передачі COVID-19 протягом періоду, коли відсутні терапевтичні заходи. Саме таке історичне вбрання стало першим прототипом медичного костюма спеціального призначення як такого. У цьому огляді опишемо історичні відомості щодо виникнення медичного одягу та захисних масок від середньовіччя до сучасності.

Дослідження свідчать, що вся історія людства налічує три пандемії чуми. Перша, «Юстиніанова чума», датується VI сторіччям, охоплювала країни

Близького Сходу, Європи, спричинила загибель близько 100 мільйонів людей. Інша пандемія «чорна смерть» була занесена з Азії до Європи у 1348 році. Вона забрала життя четвертої населення Європи (близько 50 мільйонів життів). У Венеції, що втратила майже 80% мешканців, вперше в історії були введені карантинні заходи на сорок діб (*guarentena om garanta giorni*). Саме пандемія чуми 1347-1353 років, відома як «чорна смерть» або бубона чума, стала переломним моментом в історії середньовічної Європи (рис. А.2-А.4). З тих пір пройшло багато години, про неї встигли забути, але ця страшна назва збереглася і досі. Третя пандемія розпочалася у 1894 році в Кантоні та Гонконзі – під час цієї пандемії загинуло понад 87 мільйонів осіб. Саме в цей час були зроблені великі відкриття, що заклали наукові засади боротьби з чумою. Французький вчений А. Ієрсен у 1894 році виділив мікроб чуми від хворих, а у 1897 році від кріс [289].

Історичні справки стверджують, що зазвичай у середньовічних містах було кілька лікарів, які займалися приватною практикою. Костюми лікарів, медичних сестер та членів батьків, які доглядали за хворими, мали вигляд звичайної побутової одягу (рис. А.5). Згідно з відомостями, найбільш корисним завданням «чумних» лікарів виявилось ведення обліку тих, що заразилися, та померлих в окремих районах. Іноді медики також виступали як свідки, поки їх пацієнти складали заповіді; «чумні» лікарі, як правило, вирізнялися поганою славою – іноді ними ставали люди, які не мають жодного відношення до медицини. Ці лікарі були відразу пізнаваними та страхітливими, але до революції мікробної теорії та розробки сучасних антибіотиків їх костюми не забезпечували реальної захисту від хвороби. Лише близько 1619 року придворний лікар Людовіка XIV на ім'я Шарль де Лорм запропонував костюм для захисту чумних лікарів від хвороби [196]. Костюм прижився на всій континентальній Європі і став культовим костюмом «чумного» доктора, який ми знаємо сьогодні (рис. А.6-А.8). Для сучасних медиків, які розуміють механізм поширення бактерій і вірусів, він не здається таким марним. Довгий шкіряний костюм захищав середньовічних лікарів від

голови до п'ят, він також включав у собі шкіряні легінси, черевики та рукавички. Маска у вигляді дзьоба (рис. А.7), який спочатку був всього 15 см завдовжки, була начинена сушеними квітами, ароматними травами та губками, просоченими камфорою чи уксусом. Чумні лікарі також носили дерев'яну тростину, яка дозволяла їм оглядати, роздягати та направляти пацієнтів, не торкаючись до заражених. Тростини були зручними інструментами для забезпечення соціальної дистанції. Костюм вінчав шкіряну шляпу з широкими полями, яка служила більш відмітним знаком, ніж мала практичне призначення. Такий костюм може бути схожим на сучасні респіраторні маски і хірургічні халати, щоправда, середньовічний варіант створювався з іншою метою. Де Лорм думав, що винаходити захист не від мікробів, а від міазмів – зараженого повітря, яке до 1800-х років вважалося джерелом хвороби. Насправді костюм «чумного» лікаря, швидше за все, захищав від крапель слини у разі легеневої чуми або зараженої крові та лімфи у разі бубонної чуми. Але найголовніше, воскова шкіра захищала лікарів від бліх, які були справжніми переносниками чуми. Саме тому, захисний костюм Шарля де Лорме включав пальто, вкрите духмяним воском, бриджі, з'єднані з чобітьми, сорочку, заправлену в ці бриджі, шляпу та рукавички з козячої шкіри. Особливо незвичайні були ці маски з пташиним дзьобом: лікарі чуми носили окуляри і продовжену маску, просвердлену з двох відчинок, по одному з кожного боку близько ніздрів, достатніх для дихання [272].

Отже, «чумний» костюм лікаря (рис. А.6-А.8) складався з чорної мантиї, рукавиць, маски та тростини [197]. Обличчя лікаря закривалося спеціальною маскою з дзьобом (рис. А.7). Вона мала створити безпечний бар'єр між лікарем та пацієнтом, оскільки вважалося, що саме погане повітря є основним збудником інфекцій. Дзьоб виготовлявся з дерева, шкіри чи кістки. Середньовічні лікарі доповнили свій костюм більш практичним матеріалом – шкірою. Шкіряні рукавички стали невід'ємною частиною чумного костюма. На рис. А.6 спостерігаємо туніку, що переходить у капюшон, а маска обмежується окулярами та дзьобом; рис. А.8 ілюструє ще одну, більш

поширену варіацію – маска є цільною з головним убором, закінчуючись пелериною на плечах. Капелюх, як елемент джентльменства, присутній в обох видах поряд. Отже, яким би затребуваним цей костюм не був, через свій страхітливий вигляд та історично обумовлені причини він назавжди залишиться в історії як символ лиха, епідемії та страху. Тим не менш, за свідченням доктора медицини Крістіане Матушек немає доказів того, що ці «чумні лікарі з масками, схожими на дзьобі» справді існували. У німецьких музеях «виставлені дві маски, які, ймовірно, є підробками молодшого віку» [256].

Прототипом або натяком на майбутній халат сучасного лікаря стала тога дипломованих докторів медицини [59; 341]. Такі плащі були непрактичними і нагадували тогу, яка ще з римських годин слугувала маркером правлячого класу та символізувала владу і мужність (рис. А.9-А.10). Прості хірурги одягалися у свій звичайний одяг, поверх якого брали фартух (рис. А.11), та й то – лише під час серйозних операцій, щоб не забруднитися грязними плямами та кров'ю. Вони не використовували рукавичок, а спеціальних масок та шапочок тоді теж не було.

Епідемія іспанського грипу 1918-1919 років стала наймасовішою пандемією грипу в історії людства. «Іспанкою» заразилося близько третини населення планети, а померло до 100 мільйонів людей. Після спалаху іспанського грипу у світі почалася глобальна реформа охорони здоров'я (рис. А.12-А.21). Вперше з'явилися окремі міністерства та міжнародні організації охорони здоров'я, а доступ до безкоштовної медичної допомоги змогли отримати всі верстви населення [59]. Все змінилося, коли з'явилися перші дослідження та відкриття в галузі асептики та антисептики. Проведення науково обґрунтованих заходів у XX столітті дозволило ліквідувати епідемію чуми у світі.

На початку XX століття можна відслідкувати застосування білого халату, шапочки та маски при хірургічних процедурах, що стало вже звичайною справою (рис. А.22). Так, у 1914 році хірург Фріц Кенг зазначив у

посібнику з хірургії для лікарів загальної практики обов'язкове впровадження засобів захисту рота та носа (маски та пов'язки для рота, вуалі та маски для обличчя) (рис. А.23-А.24). Хірурги та їх помічники впроваджували в користуванні двошаровий захист рота з марлі, який повинен запобігати поширенню крапель у повітрі, а також стерильних рукавичок з тканини: далі проводилися додаткові дослідження щодо вмісту мікробів у повітрі операційної.

Використання маски для прикриття рота, носа, бороди під час Маньчжурської чуми 1910–1911 років та пандемії Іспанського грипу 1918-1919 років перетворило, головним чином, маску на обличчя на засіб захисту медичних працівників та пацієнтів від інфекційних захворювань. У 1918-1919 рр. носіння маски стало обов'язковим також для поліцейських, медичних працівників і, навіть, мешканців деяких міст США, хоча її використання часто викликало суперечки. Проте, у таких містах, як Сан-Франциско, зниження смертності від грипу частково пояснюється політикою обов'язкового носіння масок. На цьому етапі обґрунтування носіння масок вийшло за межі їхнього початкового використання в операційній: тепер вони також захищали користувача від інфекції. Закривати ніс і рот було частиною традиційної санітарної практики проти інфекційних хвороб у Європі раннього Нового часу. Цей захист передусім стосувався нейтралізації так званих міазмів у повітря за допомогою парфумів і спецій, які тримали під маскою, як у пташиних масках чумних лікарів, однак до XVIII століття така практика стала маргінальною.

Але тільки після світової епідемії іспанки у 1918 році, яка знищила життя десятків мільйонів людей, медичний халат та шапочка стали обов'язковим атрибутом одягу як хірургів, так і лікарів інших спеціальностей (рис. А.24). Героїчні історії запровадження антисептики Джозефом Лістером та відповідні попередні роботи Луї Пастера десятиліттями вдихали на створення фільмів та мали суттєве вплив на культуру пам'яті людства [314; 317] Після епідемії грипу у 1918 році водночас зі зростаючою цікавістю до

антисептичної теорії Д. Лістера, деякі хірурги почали носити бавовняні марлеві маски в операційній. Щоправда, робилося це не для захисту пацієнта від інфекцій, а для захисту самого хірурга від захворювань, якими його міг заразити пацієнт. Хірургічну маску в операційних Німеччині та США вперше використали у 1920-х роках [225]. Для наочного прикладу можна навести фотокадри з серії вестерну, знятого 1957-1963 рр. (рис. А.25). Тут хірург у повному своєму спорядженні: халат, шапочка, марлева маска та гумові рукавиці; персонал операційної почав також носити гумові рукавички для захисту рук.

Сучасний світ також не обминув реального нагадування пандемій минулих століть та років. Враховуючи цю потребу, конструктори одягу запропонували нові рішення: замість масок – довготривалі щитки або респіратори, місце звичайного халату займає спеціальний скафандр, що захищає тіло з ніг до голови. Стерилізація одягу стає обов'язковим ритуалом шкірного свідомого лікаря. Одноразові рукавички, маски, бахіли та плащі стали затребуваними, як ніколи раніше. Різновиди костюмів сучасних лікарів наведено на рис. А.26-А.30.

Сьогодні мова йде не лише про медицину, а й про політику, економіку, екологію. Карантинні обмеження, постійна загроза мутації вірусів, відсутність специфічного лікування коронавірусу потребує широкого впровадження обмежувальних та профілактичних заходів, підвищує вимоги до медичного одягу та засобів гігієни, а також постійного носіння захисних масок. Чим довше триватимуть обмеження, яких ми зобов'язані дотримуватися, тим швидше нам треба пристосуватися до їх комфортного сприйняття [34].

Дефіцит масок під час пандемії COVID-19 став символом крихкості сучасної медицини та охорони здоров'я. Було висунуто кілька пояснень цієї ситуації, від паніки громадського накопичення масок до переміщення виробництва в офшорі та зриву світової торгівлі. Історія медицини показує, що можна враховувати ще один фактор: поступову заміну багаторазових масок для обличчя одноразовими з 1960-х років. Так, після пропозицій Джозефа

Лістера щодо знищення мікробів антисептиками для запобігання проникнення їх у рани, почали точитися дискусії та пропонувалися ризиковані стратегії щодо використання масок – хірург Йоганн Мікул та бактеріолог Карл Флюгге у 1897 році це обличчя, щоб закрити ніс, рот і бороду» [119]. Того ж року у Парижі хірург Поль Бергер також почав носити маску в операційній. Маска для обличчя символізувала стратегію контролю інфекцій, яка зосереджена на запобіганні всім мікробам, а не на їх знищенні хімікатами. Хірурги в операційних лікарнях США та Європи між 1863 – 1969 роками вказали, що до 1923 року понад дві третини з них носили маски, а до 1935 року більшість з них використовували маски. Така вузькоспрямована стратегія не викликала суперечок. Але деякі лікарі, наприклад, Олександр Френкель у Берліні скептично поставився до «цілого хірургічного костюма зі шляпкою, ротовою маскою та вуаллю, розробленого під гаслом повної стерильності ран» [119]. Однак маски набували все більшого поширення, про що свідчить наявність великої кількості фотозображень.

Маски для обличчя, які сьогодні використовують у охороні здоров'я та в суспільстві, можна в основному простежити історично до більш недавнього періоду, коли нове розуміння зараження, засноване на теорії мікробів, було застосовано до хірургії. Тим часом маски продовжували розвиватись у медицині, практикуючі лікарі у перші десятиліття XX ст. дійшли згоди щодо загальної функції маски. Багаторазові маски колись були невід'ємною частиною медичного арсеналу. Проте промислове виробництво, подальші дослідження зумовили поступовий перехід на використання одноразових. Медичні маски почали замінюватися одноразовими паперовими масками у 1930-х роках, а у 1960-х роках все більше виготовлялися із синтетичних матеріалів для одноразового використання. На початку 1960-х років у журналах медсестер та хірургії з'явилася реклама нових видів фільтруючих масок із синтетичних нетканих волокон. Усі ці фільтруючі маски були одноразовими.

Одноразові маски та респіратори, безсумнівно, залишатимуться невід'ємною частиною медичних засобів особистої захисту і надалі, оскільки деякі з них мають особливі фільтраційні властивості, призначені для медичних ситуацій. Щоб уникнути дефіциту масок під час наступних пандемій, слід дивитися не лише на створення великих запасів одноразових масок для обличчя, а й ураховувати ризики споживчої культури щодо користування та утилізації рятувальних засобів. Можливо, одного разу знову можна буде сказати про захисні маски для обличчя ті, що писали медичні дослідники у 1918 році: «Маску можна багаторазово прати і використовувати нескінченно довго» [119]. Дослідженням також вважається, що «бавовняні тканини можуть бути такими ж ефективними, як і синтетичні, якщо їх використовувати у хорошому дизайні маски». Деякі дослідження показали, що прання багаторазових масок може підвищити ефективність фільтрації бактерій, можливо, за рахунок стягування їх волокон. Через відсутність комерційних бавовняних масок останні дослідження лише порівнювали кустарні або домашні маски з промислово виготовленими одноразовими масками, встановивши, що останні є кращими.

Дослідники-медики протестували та порівняли ефективність фільтрації багаторазових масок з експериментами з культурою бактерій, розпиляних через маски або розповсюдженими інфекційними добровольцями у масках в експериментальній камері, а також із спостереженнями у клінічних умовах. Вони виявили, що маски сильно відрізняються за ступенем фільтрації бактерій. Але при правильному використанні деякі маски вважалися такими, що захищають від інфекції. Що стосується медичних працівників та лікарень, то в деяких місцях вони експериментують із методами дезінфекції одноразових масок, навіть якщо вони не призначені для повторного використання. Такий підхід дуже далекий від ретельно розроблених, виготовлених та перевірених багаторазових масок, які використовувалися до 1970-х років. Заміна багаторазових масок була частиною ширшої трансформації лікарняної допомоги до того, що адміністратор лікарні у 1969

році назвав «повною одноразовою системою» [119], яка включала шприци, голки, лотки та хірургічні інструменти.

Дослідження, проведені промисловістю, показали, що нові синтетичні маски перевершують традиційні багаторазові бавовняні маски. Проте найчастіше багаторазові маски не включалися до порівняльних досліджень. У 1975 році в одному з останніх досліджень, які включали промислово виготовлену бавовняну маску, автор дійшов висновку, що багаторазова маска, виготовлена з чотиришарового бавовняного мусліну, є кращою за популярну.

Історія медичної маски та зростання культури одноразової маски потенційно небезпечні, що частково перешкоджає подальшим дослідженням добре розроблених та промислово виготовлених багаторазових масок. З іншого боку, на думку деяких ЗМІ, а також окремих дослідників, хірургічна маска часто повідомляє про ризики застосування, стверджуючи, що «західне суспільство надто багато очікує від масок» [264]. Звідси виникає ще одна проблема: широко поширена помилкова думка щодо використання хірургічних масок як захисту від вірусу. Історії виникнення та розвитку хірургічної маски пропонують деякі підказки про сучасний профіль ризиків, орієнтованих на майбутнє. Так, народження маски сталося завдяки усвідомленню потреби захисту хірургічних ран від крапель, що виділяються під час дихання хірургів. Майбутня пандемія сприймається у сьогоденні, але її матеріальність не просто у свідомості, вона буквально обґрунтовується маскою, що не завжди є правильною. Навіть належне використання хірургічних масок є частиною більшого неналежного використання в епоху страху пандемії. Хірургічна маска сьогодні не поступається масці N95 щодо рівня передачі грипу серед медичних працівників. Тому вони повинні носити маски, щоб уникнути передачі з інших причин, які створюють перенесення поточного ризику в майбутнє та як засіб для самозбереження системи.

Водночас носіння маски доповнює соціальне дистанціювання та рятує життя під час COVID-19. Але, часто споживачі стикаються з потенційними проблемами при носінні масок за відсутності інформації та освіти щодо їх

неналежного носіння (рис. А.31) [236]. За відсутності ефективної вакцини, основним методом стримування інфекційної хвороби є розірвання ланки її передачі, де соціальне дистанціювання має вирішальне значення.

Тканинні маски споконвік існували у східній та західній цивілізації; а сьогодні існують деякі помилкові уявлення про їх використання. На початку активного розповсюдження пандемії, навіть і дотепер у разі її повторення, існує серйозна нестача одноразових хірургічних масок. Тому деякі органи влади, в тому числі Центри контролю та профілактики захворювань США, виступають за використання тканинних масок як надійної заміни для загального використання в суспільстві [236]. Ними задекларовано дозвіл виготовляти маски з різноманітних матеріалів для багаторазового використання після прання миючим засобом або гарячою водою. Тканинні маски для захисту регулярно використовували хірурги, які проводили операції до того, як з'явилися одноразові маски. Американський Червоний Хрест пропагував марлеві маски для захисту хворих і здорових людей під час пандемії та Іспанського грипу 1918 року. За наявності політичної волі та мобілізації громади можна було б швидко виготовити та розповсюдити величезні обсяги за допомогою підтримки уряду, комерційних, промислових та волонтерських організацій. Носіння таких масок персоналом на роботі мінімізує ризик спалахів хвороби в установах та основних службах. Часто стверджується, що хірургічні маски в кілька разів ефективніші, ніж маски з тканини. Тим не менш, здатність тканинних масок перехоплювати близько 70% інфекційних часток є дуже суттєвим перевагою для будь-якого втручання в охорону здоров'я, навіть незважаючи на те, що вона поступається показнику в 90 % для хірургічних масок [236].

Отже, використання масок ставить питання естетичного вигляду людини у масці під час повсякденного носіння в громадських місцях скупчення людей. Обличчя є найважливішим фактором, що впливає на зовнішній вигляд людини. Найважливішими факторами привабливості обличчя є середність, половий диморфізм, молодість та симетричність. Крім

того, досліджено навіть роль посмішки у загальній естетиці обличчя. Визначення краси було досліджено з давніх часів. Поняття естетики змінювалося з часом, таким воно є дотепер. Леонардо да Вінчі намагався визначити красу за допомогою математики – відомий приклад цих алгоритмів наведено у багатьох дослідженнях-[195; 279]. Дослідниками зазначається, що в естетиці обличчя існує певна математична пропорція, яка називається золотим перетином. Золотий перетин зазвичай спостерігається як тотожність у природі (рис. А.32) [217; 290]. У четвертому столітті нашої ери Євклід геометрично описав золотий перетин, який також називається пропорцією Фібоначчі або «Божественною пропорцією».

Клінічне застосування параметрів естетики обличчя в основному відбувається у сфері зубного протезування, естетичної хірургії, ортодонтії при проєктуванні гармонійних та ефективних масок [220; 290] використовували інструмент золотого перетину для вимірювання та аналізу естетичних якостей обличчя у своїх країнах [220; 290]. Наші дослідження спрямовані на вимірювання пропорцій м'яких тканин обличчя, що допомогло б освідомити, проаналізувати та спрогнозувати вплив типологічних особливостей обличчя людини для проєктування ефективних та естетичних засобів захисту органів дихання. Алгоритм процесу в класичному вигляді вимагає сканування обличчя людини, його фотографування, вимірювання та співвідношення. При цьому визначаються відстані фотографування, анатомічні точки для вимірювання та пропорції, які використовуються для аналізу обличчя (рис. А.33-А.35).

Тому, останнім часом у дизайні широко використовують сканування для вирішення багатьох прикладних завдань. 3D-сканер це пристрій для побудови цифрових тривимірних моделей на основі аналізу об'єкта або середовища реального світу для збору даних щодо його форми і, за можливості, кольору [93]. Потім зібрані дані можна використовувати для побудови цифрових тривимірних моделей. Тривимірне лазерне сканування було розроблено в останній половині XX-го століття з метою точного відтворення поверхонь

різних об'єктів [162]. Технологія особливо корисна в галузі досліджень і дизайну. Перша технологія 3D-сканування була створена у 1960-х роках.

Тривимірний віртуальний простір можна використовувати для розваг; наприкінці XX ст. 3D-сканери взяли тут ключові технологічні позиції [108]. Наземне лазерне сканування в ті часи вже знайшло своє місце між стандартними технологіями зйомки об'єктів (рис. А.36-А.39). Після 1985 року 3D-сканери замінили сканерами, які мали вищу точність і могли використовувати біле світло, лазери та тіні для захоплення певної поверхні. Коротка історія розвитку 3D-сканування така: з появою комп'ютерів стало можливим побудувати дуже складну модель, але проблема виникла з і створенням цієї моделі, бо складні поверхні не піддаються вимірюванню, як показано на рис. А.37. До середини дев'яностих років XX ст. вони перетворилися на повний сканер тіла, як показано на рис. А.38. З появою 3D-сканерів у 1994 році компанія 3D-Scanners випустила REPLICA (рис. А.39-А.41), яка зробила серйозний прогрес у лазерному скануванні полос, дозволяла швидко та високоточно сканувати дуже детальні об'єкти. Тим часом кіберпрограми розробляли власні сканери з високою деталізацією, деякі з яких також могли фіксувати колір об'єкта, але, незважаючи на цей прогрес, справжнє тривимірне сканування з такими ступенями швидкості та точності залишалося недосяжним. Інше, більш конкретне значення – це контрольоване управління лазерними проміннями з подальшим вимірюванням відстані у кожному напрямку вказівки. Цей метод, який часто називають 3D-скануванням об'єктів або 3D-лазерним скануванням, використовується для швидкого захоплення форм об'єктів, будівель та ландшафтів.

3D-сканування передбачає створення хмари точок і з геометричних зразків на поверхні сканованого предмета. Потім ці точки можна використовувати для екстраполяції форми об'єкта (цей процес називається реконструкцією). Якщо інформація про колір збирається в кожній точці, то можна також визначити кольори на поверхні і предмета [188]. Лазерний сканер автоматично вимірює всі точки у своєму горизонтальному та вертикальному

полі. Для кожної вимірної точки записується її відстань до лазерного сканера разом з горизонтальним і вертикальним кутами. Процес вимірювання координат точок лазерним сканером показано на рис. А.40 [121; 160; 161; 173]. Ще одним малопотужним застосуванням є структуровані світлові проєкційні системи, які використовуються для вимірювання площинності сонячних елементів [121; 161; 173]. Перші сканери використовували для цього завдання освітлення, камери та проєктори. Через обмеження обладнання, сканування об'єктів часто займало багато часу та зусиль. Хоча ці оптичні сканери були дорогими, компанії Immersion та Faro Технології (рис. А.40) представили недорогі дигітайзери з ручним управлінням. Вони дійсно могли створити повні моделі, але вони були повільними, особливо коли модель була деталізована. Але вони не змогли оцифрувати кольорову поверхню, поєднавши їх у ModelMaker, як показано на рис. А.38. Лише неймовірно швидка та гнучка система Cyberware Laboratories [162] є першою в світі системою захоплення реальності; створює складні моделі та текстuruє ці моделі за допомогою кольору.

3D-лазерне сканування використовується в багатьох сферах застосування, в тому числі в архітектурі, археології, медицині, зворотному проєктуванні тощо, а також приносить користь дизайну одягу та створенню сучасних дизайн-продуктів великого асортименту [186]. Деякими дуже захоплюючими додатками є анімація та програми віртуальної реальності [158; 187; 188; 328]. Приклад реплікації реального об'єкта за допомогою 3D-сканування та 3D-друку наведено на рис. А.41. 3D-фотографія та 3D-сканери розвиваються для використання камер для точного відображення 3D-об'єктів; з 2010 року з'являються компанії, які створюють 3D-портрети людей (3D-фігурки або 3D-селфі, рис. А.42) [93]. В даний час технології 3D-друку набувають популярності, дозволяючи проводити сканування різноманітних об'єктів з метою отримання високоточних тривимірних цифрових моделей. Поява наприкінці XX століття перших різновидів 3D-сканерів дозволяє стверджувати, що вони мали обмежені можливості та не

надавали змоги отримувати якісний дизайн-продукт. Комбіноване використання технологій 3D-сканування та 3D-друку дозволяє відтворювати реальні об'єкти без використання традиційних технік гіпсового лиття, що у багатьох випадках може бути особливо надтоінвазивним для виконання на дорогоцінних або делікатних артефактах культурної спадщини. Сьогодні на ринку існує величезна пропозиція щодо різновидів сканерів різної здатності, форми, з різними камерами та мікроконтролерами, використовуваною керуючою програмою, які здатні забезпечити потребу споживачів відповідно до вартості та завдань проєктів. Тому, актуальними сьогодні залишаються питання щодо створення новітніх сканерів та систем, спрямованих на вирішення конкретних проєктних завдань з існуючих комплектуючих та поширеним діапазоном можливостей.

1.2. Джерельна база та методи дослідження

Завдання проєктування ефективного захисного одягу у взаємозв'язку із засобами індивідуального захисту органів дихання спрямоване на мінімізацію впливу небезпечних чинників. Наразі забезпечення їх сумісності за функцією та конструктивно-технологічним рішенням й узгодженості їх параметрів є пріоритетним завданням – потребує формування наукового підґрунтя для підвищення безпеки праці працівників спеціальних служб та виробництв, медиків, військових при виконанні службових обов'язків [20]. Перелік засобів індивідуального захисту та технічного оснащення, які мають бути сумісними із захисним та спеціальним одягом представлено на рис. А.43.

Серед засобів захисту органів дихання виокремлюють протипилові, протигазові, протиаерозольні фільтрувальні пристрої, автономні та неавтономні дихальні апарати, півмаски, маски, респіратори, пневмомаски тощо, які забезпечують очищення повітря шляхом фільтрації до допустимих значень. Параметри виробів для захисту голови, органів дихання та комплексних засобів захисту повинні бути враховані при проєктуванні різних вузлів одягу, наприклад вузол горловина-комір-капюшон. Такі проєктні

вимоги безпосередньо пов'язані із особливостями застосування засобів захисту органів дихання – врахування їх параметрів при спільному використанні з виробами для захисту голови, коміром та капюшоном захисного одягу з метою рівномірного прилягання до обличчя, перешкоджання надмірному тиску в області шиї є дуже важливим. Крім того, захисний одяг має бути сумісним із виробами для захисту обличчя та очей (захисні окуляри від різного спектру випромінювань та механічних ушкоджень, захисні екрани та щитки тощо), органів слуху (протишумові вкладиші, протишумові навушники, активні комунікаційні навушники тощо) [20]. Разом з тим, останніми роками у суспільстві відчуваємо потребу до створення нових різновидів одягу разом із зростаючим попитом на сучасні дизайнерські вподобання. Навіть за відсутності зайвих коштів у споживчому кошику, громадська думка схиляється до визначення, що «краса врятує світ». Можна із впевненістю зазначити, що потреба у естетиці одягу та обличчя людини у масці окреслюються світом навколо, що й стало одним із завдань представленого дослідження. Актуальність обраного напрямку визначено продовженням наукових досліджень кафедри моди та стилю (ергономіки і дизайну) КНУТД, де підкреслено важливість створення уніформи багатьох працівників, які споживають захисний та корпоративний одяг спеціального призначення [61]. Аналіз існуючих різновидів такого одягу та захисних засобів, а також їх сумісне використання, дозволив встановити, що чоловічий та жіночий асортимент мають ряд недосконалостей щодо параметрів формоутворення та естетичного вигляду. Аналіз відповідних виробів проєктувальників інших країн дав можливість зрозуміти, що потрібно вносити зміни у існуючі різновиди, оскільки вони мають ряд естетично-конструктивних недосконалостей, що створює проблеми при його експлуатації.

Проведені дослідження нададуть можливості усунення недоліків зовнішнього вигляду, передусім, стосовно питань самосприйняття та критичну оцінку оточуючими, підвищення ергономічності, естетичності та

комфортності засобів індивідуального захисту. Представлене дослідження виявляє значну кількість проблем та, відповідно, завдань щодо удосконалення проєктування сучасних різновидів ЗІЗОД. Це потребує інтегрального підходу до вирішення проблем функціональності, комфортності та естетичності шляхом гармонійного поєднання у системі «людина у ЗІЗОД-захисний одяг-навколишнє середовище».

Цифровізація в усіх сферах сучасного суспільства, стійка тенденція до розширення асортименту швейних захисних виробів, що безпосередньо пов'язано з імплементацією світових стандартів, застосування сучасних технологій виготовлення та методів візуалізації форм вимагають нових підходів до узагальнення складових елементів виробів спеціального та військового призначення. До них належать окремі деталі, вузли, які умовно поділені на базові; елементи адаптації до розміро-зросту; елементи, що фіксують положення частин виробу відносно тіла людини та додаткові специфічні засоби. У цьому контексті перед науковцями постає проблема пошуку інноваційного підходу, який сприятиме вдосконаленню проєктування високоефективних, надійних та ергономічних швейних виробів [54].

Захисні маски для обличчя як дефіцитний товар під час пандемії, актуалізували завдання Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) щодо вивчення способів передачі захворювання COVID-19 (рис. А.44) [153]. Але ефективність використання масок і дотепер є предметом суперечок: точаться інтенсивні дебати щодо шляхів передачі SARS-CoV-2. На рис. А.45 наведено патогени, які переносяться повітряно-крапельним шляхом з частинками аерозолів, що видихає людина [159]. З одного боку, багато міст запроваджували для всіх «масковий режим», з іншого – ВООЗ не рекомендує носити маски здоровим людям і вважає, що їх неправильне носіння може навіть нашкодити. В сучасний час пандемії коронавіруса захисні маски і респіратори стали повсякденною необхідністю. Але крім формальних моментів, вони є важливим засобом запобігання поширенню вірусів та захисту здоров'я людей. Так, кілька правил обмеження були змушені зменшити

поширення вірусу. Правильно підібрані маски можуть запобігти поширенню вірусу від людини, яка носить маску, до інших. Самі по собі маски не захистять від вірусів; їх слід використовувати в поєднанні з фізичним відокремленням і уникненням прямого контакту. Для захисту від вдихання пилу, забруднюючих речовин, алергенів і патогенних організмів використовуються різні типи масок для обличчя, доступних для широкої громадськості. Наука щодо використання масок для обличчя населенням для запобігання передачі COVID-19 розвивається стрімко. У представленій роботі намагаємось також з'ясувати аспекти використання різних масок для обличчя, а також можливості для боротьби з пандеміями, які тривають. Останні новини проілюстрували широке використання масок для захисту від свинячого грипу (H1N1), важкого гострого респіраторного дистрес-синдрому (SARS), спалахів вірусу високопатогенного пташиного грипу (HPAI) в Азії та пилу від краху Центру світової торгівлі. Однак рівень захисту, який забезпечують маски для обличчя, значною мірою залишається невідомим.

Для проведення подальшого аналізу було обрано кілька моделей найбільш поширених різновидів масок різних виробників, які представлено тут (табл. А.1) і нижче у роботі, хірургічні маски з флісу (рис. А.46 (а, б)), захисні маски-респіратори стандарту FFP (рис. А.46 (в), рис. А.47-А.48) тощо.

Маска медична (хірургічна) – засіб індивідуального захисту, призначений для захисту органів дихання від патогенних вірусів і бактерій, що передаються повітряно-краплинним шляхом, різних субмікронних частинок (що викликають алергічні реакції), шкідливих випарів та аерозолів, біологічних рідин, пилу тощо. Виріб користується великою популярністю в різних галузях: у закладах охорони здоров'я; у косметології; на виробництвах; у побуті. Медичні маски класифікуються в залежності від характеристик, розмірів та призначення. Рівень захисту залежить від матеріалу, виготовлення, та конструктивних особливостей. Поширеними в побуті є медичні маски тришарові. Між двома зовнішніми шарами розташовано фільтр. Така маска надійно фіксується на обличчі за допомогою одного або двох кріплень.

Головне призначення медичних масок – бар’єрно-захисне. Зовнішні шари можуть мати різні кольори. Як правило, той, що прилягає до обличчя – білий, а більшість медичних масок блакитні зовні. Медичні маски чорні зазвичай використовують в косметології та на виробництвах. Вони мають додатковий вугільний шар, що захищає від часток пилу й різних алергенів. Для полегшення дихання, та виведення зайвої вологи деякі маски обладнані клапанами. Вони належать до класу респіраторів, та мають проти аерозольні властивості.

В побуті та медицині використовуються різні види масок. Часто застосовують нестерильні засоби захисту. Найпоширеніші – тришарові маски з нетканого матеріалу. Вони можуть бути обладнані додатковими деталями: гофруванням, що не дає масці прилягати до губ, або затискачем для носа.

Фільтруючі респіратори (або фільтруюча маска FFP) відносяться за класами виробів до механічного фільтрування повітря у респіраторах. Відповідно існує ряд вимог до таких виробів, які об’єднані у стандарти [9-13], що дозволяє класифікувати FFP за найважливішими параметрами. Маска FFP1 переважно використовується як пилова маска; маска FFP2 (рис. А.46 (б), рис. А.47) забезпечує захист у різних галузях промисловості (будівництво, фармація, сільське господарство); ефективно зупиняє порошкоподібні хімікати. Ця маска може також служити захистом від респіраторного вірусу, таких як пташиний грип, SARS-CoV-2 або важкий гострий респіраторний синдром, пов’язаний з коронавірусом (ГРВІ), а також проти бактерій пневмонічної чуми та туберкульозу; схоже на маску N95.

Респіратори EN 149 [13] існують за європейським стандартом вимог до випробувань та маркування. Такі маски покривають ніс, рот і підборіддя і можуть мати клапани для вдиху та/або видиху. EN 149 визначає три класи таких напівмасок для частинок, які називаються FFP1, FFP2 і FFP3 відповідно до їх ефективності фільтрації. Стандарт також класифікує маски як «лише на одну зміну» (не можна використовувати повторно, з позначкою 'NR') або «багаторазового використання (більше однієї зміни)» (з позначкою 'R').

В Австралії, Новій Зеландії, Кореї та Бразилії застосовуються майже однакові тести (але з різним маркуванням). Подібні стандарти застосовуються в США, Китаї та Японії. Наприклад, маски EN 149 FFP2 мають вимоги, подібні до характеристик маски N95 в Сполучених Штатах та KN95 у Китаї, а маски EN 149 FFP3 мають подібні вимоги до ефективності масок N99 у Сполучених Штатах. Однак вимоги до випробувань EN 149 дещо відрізняються від американських/китайських/японських стандартів: EN 149 вимагає додаткового аерозольного випробування парафіновою олією, у діапазоні різних швидкостей потоку та визначає кілька пов'язаних та допустимих рівнів перепадів тиску. Стандарт EN 149 визначає вимоги до експлуатаційних характеристик для трьох класів півмасок, що фільтрують частинки: FFP1, FFP2 та FFP3. Захист, який забезпечується маскою FFP2 (або FFP3), охоплює захист, котрий надається маскою класів нижчих номерів. Класифікація FFP за європейським стандартом EN 149 вимог до випробувань та маркування фільтрувальних масок наведена у табл. А.2. На масці, що відповідає стандарту, повинен бути написаний клас разом із назвою стандарту та роком публікації, а також будь-якими відповідними кодами опцій, наприклад «EN 149: 2001 FFP1 NR». Деякі виробники додатково використовують колір гумки для визначення класу маски, однак стандарт EN 149 не передбачає жодного такого кольорового кодування, і різні виробники застосовують різні колірні схеми.

Маски FFP трьох типів популярні в Європі; аналогічні масці-респіратору N95 [209]. Респіратор N95 розроблений для забезпечення дуже щільного прилягання до обличчя, а також надзвичайно ефективної фільтрації частинок, що знаходяться в повітрі [370]. Маски для обличчя N95 були стандартизовані Національним інститутом безпеки та гігієни праці NIOSH (США) між фільтрацією та повітропроникністю залежно від кількості та типів використовуваних шарів [327].

У США за стандартом NIOSH [9-13], FFP поділяють на 7 основних груп, основними з яких є Surgical N95 – респіратор N95, схвалений NIOSH як хірургічна маска, та N95, N99, N100, R95, P95, P99, P100, які фільтрують

відповідний відсоток частинок у повітрі, різної стійкості/нестійкості до масел. У Додатках наведено приклади різновидів ЗІЗОД. Так, хірургічні маски зазвичай тришарові, але деякі складаються з 4 шарів: 2 зовнішніх, фільтрувального шару і шару, який не пропускає рідину. Захищає оточуючих від великих крапель, брызок, аерозолів, біологічних рідин (рис. А.47). Процедурні маски складаються з 3 шарів: 2 зовнішніх і 1 фільтрувального. Захищають від дрібних повітряних частинок, пилу, знижують можливість передачі збудників інфекційних хвороб. Тканинні саморобні маски захищають від дрібних повітряних частинок і несприятливих погодних умов. Рівень захисту сумнівний і не підтверджений.

Узагальнено можна виділити основні категорії масок для обличчя, рекомендовані ВООЗ – це основні три види захисних масок (рис. А.48) відповідно до різних типів використання і захисту. Також часто їх називають немедичними або соціальними масками, вони виготовляються з метою бути в якості першого бар'єру для запобігання потраплянню крапель у повітря та зараженню оточуючих. Вони простіші за хірургічні, забезпечують менший захист і можуть мати різні формати, виготовлені з тканини, різного текстилю та інших матеріалів [168]. Респіраторні маски з клапаном не підходять для ситуацій інфекційного контролю, оскільки вони не запобігають вивільненню часток від користувача в навколишнє середовище. Але на основі наукових доказів визначено, що використання масок може допомогти зменшити поширення інфекції в суспільстві [354]. Зазначено пріоритет використання хірургічних і респіраторних масок для медичних працівників, які також застосовуються на рівні громади, під час відвідування багатолюдних закритих приміщень. Також важливо підкреслити, що маски для обличчя слід розглядати як додатковий захід, а не як заміну раніше встановлених належних практик, таких як фізична дистанція, кашель і чхання у внутрішню область ліктя, гігієна рук і профілактика контакту з обличчям [200].

Отже, медичні маски є одним з факторів безпеки, тому виробники масок розширили свій асортимент товарів, розбивши його на класи та види за

різними ознаками. Так, за ступенем стерильності маски поділяються на стерильні та нестерильні; існує поділ масок за розмірами, що відповідають певному віку споживача; за призначенням можна розділити ці вироби на такі категорії: хірургічні маски; процедурні; стоматологічні. Виробники відомих торгових марок, що випускають засоби індивідуального захисту, пропонують колірну класифікацію: маски з малюнками, принтами, абстракцією, які в основному призначені для носіння в дитячих організаціях охорони здоров'я. Кольорові маски виконані у всіх відтінках, продаються упаковками за кольорами та асортиментом; маски чорні медичні з додатковим посиленням захистом, використовуються у косметичних салонах, клінінгових компаніях, на виробництвах, забезпечують надійний захист від різних субмікрофільних частинок (рис. А.49-А.52). Усі кольорові маски – гіпоалергенні; навіть фарби для надання відтінку або створення малюнка із безпечних барвників. Чорна медична маска завдяки сучасним дизайнерським рішенням також може бути із веселими принтами (усмішка, вуса, смайлик тощо) для позитивного впливу на настрій споживачів.

В цілому, для зменшення передачі аерозолів та респіраторної інфекцій Du W., Iacoviello F., Fernandez T., Loureiro R., Brett D.J.L., Shearing P.R. [159] рекомендоване використання захисних масок – на рис. А.53 представлено основні різновиди – двошарова маска для обличчя та хірургічна маска, а також їхні пошарові представлення (ліворуч) та мікроструктури, отримані за допомогою рентгенівського мікротомографічного 3D-зображення (праворуч). Дослідниками встановлено, що флізелін шарів тканини, отриманий з розплаву, забезпечує механічну та електростатичну фільтрацію відповідно. На рис. А.54 наведено поперечні зрізи КТ-зображення зразка двошарової маски (два верхніх ряди) та зразка хірургічної маски (два нижні ряди) на різних етапах обробки.

На рис. А.55 показано ілюстративні та фотозображення різних типів масок: хірургічної, різновидів тканинних масок, а також складних моделей типу K95 та N95, масок с респіратором та без нього; повний щиток для

обличчя. Проте дослідниками Venugopal A., Sidhartha S.S., Jangyadatta P. зроблено припущення [356], що перевірка фільтрації часток, ймовірно, здатна неправильно оцінити ефективність масок, оскільки кількість частинок, які виділяються у вигляді аерозолі, відносно невелика. Стверджується, що як домашні, так і медичні маски значно корисні для мінімізації кількості мікроорганізмів і можуть зменшити поширення інфекції, хоча хірургічна маска була набагато кращою та ефективнішою для перешкоджання передачі вірусу порівняно із саморобними масками. Дефіцит хірургічних масок і респіраторів N95 є серйозною проблемою. Згідно з поточними рекомендаціями Центру контролю захворювань (CDC) [131], здорова людина повинна носити хоча б тканинну маску для обличчя в громадських місцях, а важливість використання масок для медичних працівників є дуже переконливою.

Багатьма зарубіжними дослідженнями Bowen L.E., Das S., et al., Venugopal A., Sidhartha S.S., Jangyadatta P. [116; 153; 356] також визначено, що медичні маски (тобто респіратори N95) і хірургічні маски є пріоритетними для медичних працівників; певним чином захищають від вірусу [153]. Але в разі їх відсутності, цікавими є дослідження щодо можливостей вибору інших масок для захисту. Ларрі Боуен [116] досліджував ефективність, протестувавши хірургічну маску, попередньо сформовану протипилову маску та бандану (рис. А.49-А.52); респіратор N95 був протестований як позитивний контроль. Також Das S., et al., Venugopal A., et al., [153; 356] доведено, що використання тканинної маски для боротьби з респіраторними захворюваннями є актуальним засобом захисту. Виявлено, що тканинна маска блокувала більш як 95% кількості вірусу в нормі, якщо її використовувати на невеликій відстані (близько 20 см) від пацієнта, інфікованого COVID-19. «У деяких дослідженнях вказано, що тканеві маски слід застосовувати лише у крайньому випадку, коли недоступні респіратори чи хірургічні маски. Їх не рекомендують використовувати медичним працівникам, особливо у ситуаціях з високим ризиком інфікування. В кількох дослідженнях наголошується, що затримання

вологи, повторне використання і погана фільтрація тканинних масок можуть призвести навіть до збільшення ризику зараження» [356].

Асортимент тканинних масок має такі різновиди. Марлеві багаторазового використання, на зав'язках, забезпечують захист на 2-3 години. Такі маски втрачають популярність, хоча раніше використовувалися повсюдно. Неткані тришарові процедурні маски використовуються там, де немає особливих вимог до стерильності. Ступінь фільтрації виробів близько 95%. Виготовлено виріб із нетканих мікроволокнистих полотен: спанбонда для двох зовнішніх шарів, що відрізняється відмінною повітропровідністю; мельтблауна внутрішнього фільтруючого шару. Неткані чотиришарові маски спеціального призначення (хірургічні) мають посилені характеристики у вигляді подвоєного фільтрувального шару. Іноді, як доповнення, зустрічається вироби з протирідинним шаром, що захищає носія від прямого контакту з біологічними рідинами. Ступінь фільтрації такої маски найвища – близько 99%. Вугільні маски тканинні незамінні при роботі в запылених приміщеннях та в хімічних лабораторіях. Вугільний фільтр утримує все відому патогенну мікрофлору, а також найдрібніші частинки. Неткані маски оснащені корисними доповненнями: широкими та м'якими завушними петлями, що утримують у потрібному положенні виріб (петлі мають гіпоалергенний склад, не містять похідних латексу, не натирають ніжну шкіру за вухами); дротяного носового затиску, що регулюється вручну і дозволяє максимально щільно і в потрібному місці притиснути маску до тіла, забезпечивши необхідну щільність прилягання виробу; гофрування, що забезпечує комфорт при носінні виробу та не дозволяє масці прилягати до губ.

Саморобна (з марлі та вати) маска у класичному вигляді має три захисні шари: два зовнішніх (не менше чотирьох шарів марлі кожен) і один фільтрувальний із вати. Таку маску можна носити не більш ніж дві години. Саморобна тканинну маску шиють з щільної тканини у кілька шарів. Прасувати такі маски після кожного використання не варто. Їх необхідно

прати, а потім вже прасувати, але слід зважати, що їхня дієвість все одно дуже умовна.

Використання тканинних масок для обличчя та інших типів масок набуло широкого поширення в 2020–2021 роках, щоб зменшити виділення патогенних мікроорганізмів із видихом і пом'якшити поширення інфекційних захворювань. Проте нещодавні дослідження Das S., et al. показали очевидні переваги у зниженні передачі вірусів, вивчивши та візуалізувавши розповсюдження шлейфу видихуваного повітря (рис. А.56). Тому використання покривних масок для обличчя було прийнято широким науковим співтовариством (рис. А.57) [153].

Тканинні маски для обличчя недорогі, виготовляються з повсякденної бавовняної тканини, яку одягають на рот і ніс (рис. А.58). Діаграма показує різні типи тканинних масок і їх шарування Багато органів охорони здоров'я отримали вказівки використовувати ці тканинні маски для захисту, якщо медичних масок немає на складі. Захисні маски виготовляються з високоякісних гіпоалергенних матеріалів, перешкоджають попаданню бактерій і забруднюючих речовин в дихальні шляхи людини. Компанія «Укрінтех» є виробником різновидом захисних масок. Маска багаторазова захисна еластична РІТТА (табл. А1) зменшує можливість передачі збудників інфекційних хвороб, що передаються повітрям, але наскільки вона дієва саме із коронавірусом поки невідомо. Для використання при частому контакті з громадськістю існують альтернативні маски, одноразові або багаторазові (рис. А.59). Хірургічні маски для обличчя є основним варіантом під час пандемії. ВООЗ рекомендує медичні або хірургічні маски для медсестер, лікарів, пацієнтів і всього персоналу лікарень, а також усіх медичних підрозділів. Для захисту від крапель використовується водостійка (тип ІІR) медична маска. Хірургічні маски містять три шари: внутрішній ніжний поглинаючий лист, центральну поліпропіленову перешкоду та зовнішню гідрофобну поверхню. Ця маска для обличчя забезпечує захист від крапель у клінічних умовах. Конструкція хірургічних масок залежить від режиму

використання (рис. А.60-А.62). Фільтруючі маски-респіратори FFP використовуються як високоефективні екрануючі маски, де фільтрація виконується різними способами. Їх різновиди FFP 1/2/3 або NIOSH здатні захистити медичних працівників, особливо тих, хто безпосередньо контактує з пацієнтами (рис. А.63-А.66). Ці апарати ЗІЗОД спричиняють закупорку навколо носа та рота, мають скручені волокна з фільтрами; забезпечують 99% захисту від COVID-19, включаючи крихітні краплі в повітрі [239]. У таблиці А.3 представлено приклади масок FFP на ринку, відповідний захист і склад [168].

Залежно від ефективності фільтрації частинок респіраторний фільтр NIOSH буває трьох типів: N, P, R. [153]. Респіратори типу N використовуються в медичних установах і є підмножиною респіраторів з фільтруючими масками (FFR) N95, які часто згадуються як N95. (рис. А.67) [244; 320]. Маски R і P мають стійкість до масел, але високоефективний показник відноситься до найнижчого відсотка факторів. Тим не менш, різні компанії виробляють різновиди N95, що має 4 шари і вентилятор для полегшення дихання; поділяється на дві категорії – стандартний N95 і хірургічний N95, який є більш цінним (рис. А.67). Bałazy A., et al., Chmelík V., et al., Gawn J., et al., Seto W.H., et al. вказано, що використання клапанів у масках для обличчя, таких як N90 і N95, не перешкоджає виходу вірусу з маски [106; 132; 153; 182; 318].

Ma Q-X., Shan H., Zhang H-L., Li G-M., Yang R-M., Chen J-M. [244] засвідчено, що на ринку є різноманітні респіратори, які відповідають тим самим критеріям конструкції, що й N95, і вони схвалені як KN95 у Китаї. Ці респіратори принципово однакові (рис. А.68). Щоб бути більш корисними, ці респіратори також повинні створювати ущільнення навколо носа та обличчя під час носіння.

Щиток для обличчя (рис. А.69-А.70) виготовлений з еластичних пов'язок на голову та прозорого полікарбонатного щитка, за дослідженнями Chmelík V., et al., Makison Booth C., et al., Tcharkhtchi A., et al., запобігає потраплянню бризок під час кашлю та інших крапель рідини [132; 247; 337].

Його перевага полягає в тому, що він легкий і рентабельний; в основному використовується в клінічній області [337].

За свідченнями дослідників R. Wain, et al., E. Mbunge, et al., V. Chmelík, et al., T. Rahne, et al., J.C. Toscano, et al., прозорі маски та лицьові щитки бувають різних форм і розмірів, але всі вони складаються з напівпрозорого пластикового покриття для обличчя. В основному вони використовуються в медичних закладах; призначені для забезпечення найкращого захисту, покриваючи все обличчя (від маківки до підборіддя та закриваючи вуха горизонтально) і захищаючи користувача від частинок вірусного спрею [257; 357]. Прозорі маски дозволяють побачити частини обличчя під маскою, впливають на тембр голосу людини [132; 297; 348]. Автономний дихальний апарат (SCBA) містить лицьову частину, яка з'єднана з резервуаром рідкого повітря або рідкого кисню (рис. А.71). Використовується як індивідуальний засіб безпеки. Його недоліком є значні габарити, що обмежує мобільність користувача у робочій зоні.

Останніми роками використання масок було визнано однією з найважливіших і економічно ефективних стратегій пом'якшення затримки передачі вірусів. При цьому, дефіцит медичних масок і масок N95 став серйозною проблемою в усьому світі, при цьому дослідники наполегливо рекомендували домашні маски з тканини [153]. На додаток до порад і урядових розпоряджень щодо використання масок, зростає кількість наукових досліджень, які демонструють ефективність масок і універсального маскування [367].

Сучасний стан розробок у галузі захисних масок відрізняється високим ступенем інноваційності та різноманітністю підходів. Маски переходять із категорії виключно медичних засобів у статус повсякденного аксесуара, що стимулює як технічні, так і естетичні інновації. Аналіз наукових досліджень дозволив визначити ключові тенденції розвитку інновацій як підвищення рівня захисту (антивірусні покриття, нанотехнології); комфортність виробів (ергономіка, покращена вентиляція); екологічна відповідальність

(застосування здатних до перероблювання та біорозкладних матеріалів); розширення функціональності (розумні технології, багатофункціональні аксесуари). Тому, сучасний дизайн захисних масок для обличчя активно розвиваються у вказаних напрямках шляхом підвищення їхньої ефективності, комфорту та екологічності.

Так, антимікробні та антивірусні покриття розглядають інтеграцію в матеріали для виготовлення масок спеціальних речовин, що пригнічують зростання бактерій і вірусів, продовжують термін їх використання, підвищують захисні властивості.

Динамічні фільтраційні системи у масках з активною фільтрацією включають вентилятори або електрично заряджені фільтри для збільшення ступеня захисту та покращення циркуляції повітря. Такі технології особливо корисні для медичного персоналу та людей, які працюють у забруднених умовах. Використання екологічно чистих та багаторазових матеріалів вимагає проєктування масок з біорозкладних або здатних до вторинної переробки матеріалів. Крім того, багаторазові маски з можливістю дезінфекції та заміни фільтрів стають все більш популярним застосуванням технологій, що забезпечують ефективність та безпеку, знижуючи екологічне навантаження. З урахуванням величезного обсягу одноразових масок активно розвиваються технології переробки використаних масок. Такі технології рециклювання масок полягають у переробленні на будівельні матеріали, цеглу, дорожні покриття.

Використання нанотехнологій та наноматеріалів, таких як графенові покриття, сприяє створенню ультратонких та надефективних фільтрів. Такі фільтри можуть уловлювати найдрібніші частинки, включаючи вірусні аерозолі, при цьому залишаючись дихаючими та легкими. Дослідження в області графенових масок показують їхню високу антимікробну ефективність, що робить їх перспективними у боротьбі з патогенами.

Застосування розумних масок припускає оснащення масок сенсорами та електронними компонентами, дозволяє моніторити якість повітря, рівень

забруднень та навіть наявність патогенів у реальному часі. Такі маски можуть попереджати користувача про необхідність заміни або посилення захисту. Також активно розвивається напрям проєктування сучасних масок в інтеграції з додатковими аксесуарами, якій дозволяє включати захист для очей або вбудовані мікрофони, що робить їх універсальними для різних умов використання.

Актуалізується стимуляція локального виробництва ефективних захисних масок із доступних місцевих матеріалів, що знижує вартість та прискорює доступність захисних засобів для широких верств населення. Багато країн впроваджують науково-обґрунтовані інноваційні способи та відповідні технології масового виробництва недорогих масок з антимікробними покриттями на основі натуральних матеріалів.

Перспективним є напрям персоналізації та дизайну у розробці сучасних захисних масок для обличчя – збільшується попит на маски з індивідуальним дизайном.

Правильне носіння маски та дистанціювання під час швидкого поширення пандемії здатне забезпечити ефективність захисту. Основі правила перераховані у [100; 145; 242] таким чином: «...носіння масок у громадських місцях, вона повинна закривати ніс, рот і підборіддя; фізичне дистанціювання між оточуючими, навіть якщо у них немає симптомів; уникнення прямого та непрямого контакту; поверхні слід регулярно очищати та дезінфікувати; вакцинація – отримання вакцини; правила профілактики COVID-19 та біометричні системи». Широке використання методів профілактики підкреслюють критичну необхідність визначення майбутніх тенденцій у забезпеченні завчасного підвищення продуктивності біометричної системи для людини і середовища після пандемії. Тому дослідниками G. Kaur, G. Singh, V. Kumar, et al. L. Cirrincione, et al. [216; 136] вивчено сценарії соціального дистанціювання та шляхи передачі для дослідження впливу епідемії на біометричні дані при різних способах розповсюдженні (рис. А.72) [136]. Навіть якщо немає симптомів, інфікована людина може утворювати аерозолі

під час розмови, що вимагає застосування засобів захисту органів дихання. Біометричні системи були вилучено E. Mbunge, et al., V. Chmelík, et al., C. Libby and J. Ehrenfeld, et al. в центр уваги як ключова технологія для раннього виявлення, скринінгу пацієнтів і моніторингу громадської безпеки для стримування поширення COVID-19 (рис. А.73) [257]. Для цього наведено різні доступні типи ЗІЗОД (рис. А.69) [132]. У наступних підрозділах нами також подано короткий огляд багатьох різновидів для вивчення впливу на існуючі біометричні дані людського обличчя. З іншого боку, для розпізнавання обличчя носіння маски стає серйозною проблемою [238].

Центр контролю захворювань та експерти в галузі охорони здоров'я рекомендують для широкої громадськості подвійне маскування, яке в основному включає хірургічну маску та бавовняну маску з щільної дихаючої тканини. Ця комбінація забезпечує додатковий рівень захисту приляганням до обличчя для зменшення повітряно-крапельної передачі вірусу (рис. А.74) [356]. Великі дихальні краплі під час кашлю чи чхання можуть бути захоплені тканинними масками, які мають широкий спектр можливостей для фільтрації частинок розміром з вірус. Подвійне маскування має також сенс у випадках комбінації спірометричної маски і хірургічних масок для полегшення роботи та визначення впливу на серцево-легеневу систему та фізичну здатність людини. Психологічні стреси медиків під час пандемій, зменшення вентиляції, серцево-легеневої здатність до фізичних навантажень і комфорту при носінні масок FFP2/N95 у здорових людей значно погіршують [172]. Проведені дослідження надали важливі рекомендації щодо носіння масок (рис. А.75) на роботі або під час фізичних вправ. Правило маски також відкриває нове поле для розпізнавання обличчя, частково закриваючи типові та часто спостережувані обличчя [125; 176; 250; 271]. Алгоритми, розроблені до епідемії, працюють менш точно з цифрово замаскованими обличчями [154]. Тому важливо підвищити ефективність розпізнавання існуючих біометричних систем, які використовують обличчя в масках [359]. Біометрія на основі зору за точністю системи розпізнавання райдужної оболонки перевершують інші

види біометричних систем – її використовували для перевірки та виявлення злочинців. Автоматизована ідентифікація людини за допомогою зображень вух є гарячою темою в індустрії біометрії. Людське вухо має жорстку форму, яка у кожної людини різна (рис. А.76), тому людське вухо є ідеальним джерелом інформації для пасивної ідентифікації людини. З іншого боку, постійно зростають вимоги до естетики людини у масці.

Біометричні системи набувають популярності як технологія наступного покоління, яка не лише покращує безпеку, але й доступність та медичне обслуговування. В біометричних системах для ідентифікації особистості людини шляхом вимірювання моделей поведінки або фізіологічних особливостей використовуються 3D-сканери. 3D-сканування набуває популярності в цій новітній технології Індустрії 4.0 [98; 303]. Отримані дані потім використовуються для створення цифрової 3D-моделі просканованого об'єкта або простору [362]. Сучасні публікації висвітлюють роль 3D-сканування у концепції Індустрії 4.0, його роль в умовах четвертої промислової революції. Зокрема, у статті "Exploring the potential of 3D Scanning in Industry 4.0: An Overview" автори A. Haleem, J. Mohd, R. Pratap Singh, S. Rab, R. Suman, L. Kumar, I. Haleem Khan [190] зазначають, що ця технологія є ключовою для реалізації концепцій Індустрії 4.0, оскільки забезпечує точне цифрове відтворення фізичних об'єктів, що є основою для автоматизації та інтеграції виробничих процесів.

Дослідження "Application of 3D scanning in design education" авторів W. Lee, J.-F.M. Molenbroek, L. Goto, A.-H. Jellema, Y. Song, R.-H.M. Goossens [235] розглядає використання 3D-сканування в освітньому процесі. Науковці наголошують, що ця технологія сприяє розвитку практичних навичок студентів, підвищує їх готовність до сучасних вимог індустрії та інтеграції сучасних методів у навчальні програми з дизайну, що є конче актуальним у нашому дослідженні. Найважливішим питанням у багатьох виробничих процесах є точне розуміння тривимірної форми об'єкта [229]. Традиційним прикладом є модель прототипу дизайнера, яка зазвичай створюється з глини,

дерева або тканини. Використання програмного забезпечення 3D для моделювання, візуалізації та анімації ідей продукту складні поверхні в багатьох дисциплінах, таких як зворотне проєктування (RE), прототипування, 3D-друк, виробництво, медичні науки, картографування місцевості та культурна спадщина [345].

Нещодавні досягнення у виробництві з підтримкою САПР та інструментах зворотного проєктування (RE) призвели до значних змін у процесі розробки та проєктування. У багатьох сферах техніки, медицина, трапляються випадки, коли поверхні вільної форми або скульптурні поверхні, а також окремі елементи костюма (взуття, рукавички, головні убори) та людські обличчя важко моделювати за допомогою програмного забезпечення 3D CAD. У цих випадках RE є ефективним підходом до значного скорочення циклу розробки продукту [229]. Проте дослідники Kus A., Unver E., Taylor A. вважають, що, хоча використання 3D-сканерів зростає в багатьох галузях промисловості, використання даних 3D-лазерного сканування для побудови 3D-моделей не є настільки поширеним в освіті, як використання програмного забезпечення для 3D-моделювання та анімації. Можливість інтегрувати дані 3D-сканування з програмним забезпеченням 3D і віртуальними технологіями може надати користувачам, які навчаються в галузі дизайну та виробництва, високоточні дані для побудови складних органічних форм, що, можливо, було нездійсненним за використання передового програмного забезпечення для 3D-моделювання складних поверхонь у минулому [311] (рис. А.74; А.78). Виконання представлених досліджень розглядає загальну ефективність процесу 3D-сканування та його потенційну цінність для використання в дизайні та інженерній освіті.

В теперішній час надзвичайно широко використовуються можливості застосування даних 3D-сканування в естетичній медицині [41; 311, 362, 366]. Багатьма авторами Sansoni G., Docchio F., Yang A., Cai L., Zhang R., Wang J., Hsu P.C., Wang H., Zhou G., Xu J., Cui Y. пропонується розробка програмного забезпечення для модифікації тривимірних моделей при використанні в

естетичній медицині. Сучасні технології створення 3D-сканерів дозволяють зробити цей пристрій настільки невеликим, що він може легко поміститися навіть у смартфоні. Використання тривимірних сканерів в естетичній медицині полягає у вивченні особливостей обличчя людини, а також у обробці, аналізі та збереженні даних сканування для використання у подальших протоколах лікування.

Можливості використання технологій 3D-сканування знаходить також широке застосування у криміналістиці для отримання достовірної інформації щодо ідентифікації обличчя людини, фіксації і оцифруванні місць злочину, дослідженні об'ємних слідів взуття тощо (рис. А.77) [19, 89, 192]; в інженерії – у зворотній розробці для фільмів, анімацій та ігор [8; 378]. За допомогою 3D-сканування активно створюються цифрові архіви пам'яток культури та архітектури, виконується аналіз потенціалу 3D-сканування та 3D-друку у сфері збереження культурної спадщини, а також ролі фотограмметрії у збереженні культурної спадщини для оцифровування і реконструкції історичних пам'яток, при плануванні простору [38; 212]. Автори Нецадим В.О., Kantaros A. Ganetsos, T., Petrescu, Milosz M., Kęsik J., Abdullaev U. зазначають, що ці технології сприяють створенню точних цифрових копій артефактів, що є важливим для їх збереження та реставрації [212; 258]. Існує велика кількість пристроїв та відповідного програмного забезпечення для сканування об'єктів; тип пристрою обирають відповідно до проєктного завдання.

Кожен метод 3D-сканування має свої переваги та недоліки, які впливають на вартість, швидкість та точність сканування, а також на доступність для сканування різних типів об'єктів. У цьому випадку потрібно якомога зменшити ціну та при цьому не втратити в якості сканування [304]. Мета 3D-сканування полягає в створенні хмари геометричних точок на поверхні об'єкта. Пізніше ці отримані точки можна використовувати для відтворення форми предмета. Цей процес називається реконструкцією. Якщо 3D-сканер може отримувати кольори об'єкта, то колір реконструйованої

поверхні також можна визначити. Утворення хмари точок є важливим компонентом цифрових моделей об'єктів та деталей. Вони детально описують технічні аспекти формування та обробки хмари точок, включаючи принципи лазерного або фотограмметричного сканування. Rocchini С. [304] запропонував удосконалення інтеграції електронних файлів в одну систему пошуку за допомогою BIM-технологій (Building Information Model), яка є універсальною та широко використовується у життєвому циклі будівлі від початку проектування до моменту демонтажу (рис. А.78). При цьому важливо дотримуватися високої точності та якості збору даних для створення точних 3D-моделей. Обробка даних полягає у обробці отриманих точкових даних для створення хмари точок або 3D-моделі об'єкта. Цей крок може включати видалення шуму, вирівнювання даних та інші операції. Такий алгоритм та методологія дослідження дасть змогу дизайнерам здійснювати детальний аналіз та вивчення об'єктів за допомогою сучасних технологій 3D-сканування.

Технології 3D-сканування, які є важливим інструментом цифрової трансформації, активно вивчаються у сучасній науковій літературі українських дослідників. В основі даного огляду лежать публікації, що висвітлюють класифікацію 3D-сканерів, методи їх використання та перспективи розвитку. Згідно з Романюк О.Н., Чан А. В., Панфіловою Ю.О., 3D-сканери класифікуються за призначенням та сферою використання. Автори виділяють такі основні типи: сканери для інженерного аналізу, цифрової архівації, реінжинірингу та музейної справи. Вони наголошують, що кожен з цих типів має свої унікальні характеристики, які дозволяють адаптувати технологію під конкретну задачу [69; 70]. Крім того, автори Романюк О.Н., Слуковська А.Ю., Романюк О.В. акцентують увагу на можливості використання 3D-сканерів для збереження культурної спадщини, що є надзвичайно актуальним у сучасному світі. Автори зазначають, що 3D-сканери класифікуються за принципом роботи на контактні та безконтактні. Контактні сканери здійснюють вимірювання шляхом фізичного контакту з об'єктом, що забезпечує високу точність, але обмежує можливості

у роботі з крихкими чи важкодоступними об'єктами. Безконтактні сканери, як зазначає автор, діляться на активні та пасивні залежно від джерела випромінювання: активні сканери використовують лазерні промені чи структуроване світло, тоді як пасивні базуються на аналізі відбитого природного світла [68-70]. Окрему увагу у статті приділено мобільним додаткам для сканування. Додатки, такі як Trnio, Scandy Pro, та Sony 3D Creator, дозволяють створювати тривимірні моделі за допомогою смартфонів із вбудованими LiDAR-датчиками. Автори зазначають, що хоча точність таких рішень поступається професійним пристроям, їх доступність і мобільність відкривають нові горизонти для застосування технології

В. М. Бажан додає, що за рівнем точності сканери поділяються на три основні групи: високоточні, загального застосування та низької точності. Високоточні пристрої використовуються у ювелірній справі, медицині та мікроінженерії, тоді як загальні сканери популярні для створення моделей середньої деталізації у побутових умовах. Низькоточні сканери підходять для масштабних об'єктів, як-от будівлі чи ландшафти [68].

У дослідженні Довгополого Д.Д. [8] щодо засобів цифрового 3D-моделювання, методів сканування, зацентовано увагу на застосуванні оптичного сканування, таких як лазерне, проекційне та фотограмметричне. Лазерне сканування забезпечує найвищу точність, тоді як проекційне світло дозволяє працювати з об'єктами складної геометрії. Фотограмметрія, як зазначає автор, є економічним рішенням для аматорського використання, оскільки потребує лише цифрової камери та програмного забезпечення. Автор підкреслює виклики, пов'язані зі скануванням рухомих об'єктів. Одним із рішень є використання високошвидкісних систем, здатних обробляти до 10000 точок за секунду, проте такі пристрої залишаються дорогими [8].

Продовжуючи аналіз сучасних публікацій, нами ретельно розглянуто та проаналізовано новітні дослідження у сфері 3D-сканування обличчя, що висвітлюють його застосування також в різних галузях та перспективи розвитку. Високий рівень 3D-візуалізації об'єктів сканування є надзвичайно

важливим для унаочнення об'ємного дизайн-рішення як виробу в цілому, так і його складових, оцінювання їх пропорцій, масштабування, естетики та ергономіки композиційно-конструктивних рішень.

Також актуальним залишається питання забезпечення надійності засобів індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД) в умовах функціонування сучасних виробництв, а також практичній роботі медичних закладів. Тому, попередніми дослідженнями авторами вже запропоновано основні підходи до проєктування сучасних дизайн-продуктів з використанням актуальних напрацювань у створенні текстилю, а також особливостей проєктування надійних засобів захисту обличчя та органів дихання, в тому числі фільтруючих полумасок. Разом з тим, й дотепер залишаються недостатньо дослідженими питання застосування інноваційних 3Dface-технологій для забезпечення надійного захисту людини.

Частина науковців дотримується підходу, що достатніми для оцифровування обличчя є пасивні 3D-сканери. Так, колектив вчених Andrews J., Alwafi A., Bichu Y. та ін. [102] запропонували альтернативу стаціонарній та ширококовживаній системі 3dMDface – менш відомий пристрій iPhone та додаток Bellus3 із середньоквадратичним відхиленням до 2 мм порівняно з еталонними даними стандартної системи. Автори Thurzo A., Strunga M., Havlíková R. та ін. [343] провели порівняльний аналіз характеристик пристроїв та встановили, що використання iPhone та Bellus3D має різницю у вимірюваннях до 3мм, порівняно з еталоном, та обмежену сферу застосування в медицині при (ортодонтичному огляді та оцінці). Науковці D'Ettorre G., Farronato M., Candida E. у своєму дослідженні [149] довели, що за допомогою додатків для смартфонів на основі технології TrueDepth можна отримати 3D-моделі обличчя з високим рівнем точності для виконання поставлених\різноманітних завдань, в тому числі лікарям-стоматологам. Вчені доводять, що смартфони з додатками є портативними та менш вартісними на відміну від стаціонарних та професійних аналогів. Автори праць Naueem R., Nicole W., Friscia M., Seidita F. та ін. [192; 178] також стверджують, що

використання пластичними хірургами в своїй практиці смартфонів iPhone X являють собою доступну альтернативу складним системам сканування. Вчені Liu J., Zhang C., Cai R. та ін. [240] визначили, що точність кожного вимірювання сканера була прийнятною для діагностики та планування лікування людини. Точність оцифровування 3D-моделей обличчя та маски, отриманих за допомогою 3dMD і Bellus3D, продемонстрували достатню повторюваність сканування.

Інша частина вчених вважає підхід щодо використання активних сканерів більш ефективним через вищу точність сканування. Нижче обґрунтовано переваги підходу використання активних 3D-сканерів. Так, колективом авторів Zhao YJ., Xiong YX., Wang Y. в праці [376] висвітлено, що два методи оцифровування обличчя за допомогою структурованого світла та стереофотографії мають достатню точність для використання у стоматологічній практиці. Науковці Wen A., Zhu Y., Xiao N. та ін. запропонували автоматичне визначення 3D-анатомічних орієнтирів обличчя за допомогою алгоритму MeshMonk [360]. Колектив авторів Cortes R.G., Galea K., No-Cortes J. та ін. у роботі [144] довів можливість проєктування ергономічних засобів індивідуального захисту органів дихання для конкретного споживача за допомогою сканування його обличчя 3D-сканером та друку маски з відповідними зонами обтіюрації.

Відповідно до мети та об'єкту дослідження, першочерговим визначено необхідність та доцільність обґрунтованого вибору 3D-сканеру з відповідним програмним забезпеченням та широкодоступними операційними системами на основі аналізу характеристик існуючих на ринку України пристроїв. Такий підхід дозволить забезпечити візуальне відтворення образного проєктного рішення ергономічної захисної маски на людині при скануванні її обличчя із заданою точністю, а у подальшому надати рекомендації щодо широкого практичного використання пристроїв, доступних на платформі цифрової дистрибуції Google Play на базі операційної системи Android, на платформі цифрової дистрибуції App Store на базі операційної системи iOS, а також

програмного забезпечення до них, з метою застосування інноваційних технологій індивідуального виготовлення різновидів захисних масок.

Перспективи розвитку та виклики у застосуванні 3D-сканерів також пов'язані з удосконаленням обчислювальних алгоритмів, збільшенням точності та швидкодії пристроїв. Багато авторів зазначають, що впровадження інновацій у програмному забезпеченні, наприклад Geomagic Essentials, дозволяє значно зменшити похибки у скануванні до 0,1%, що є важливим для біомедичних та промислових застосувань.

Висновки до розділу 1

1. Аналіз сучасного стану дослідження розвитку та напрямів інноваційного проектування засобів захисту органів дихання як дизайн-об'єктів виявив, що наукові та проєктні практики потребують пошуку нових підходів, технологічних засобів і концепцій у підвищенні ефективності сучасних різновидів, продовжуючи вирішувати основні завдання в умовах нових викликів суспільству та функціонуванню людини, забезпечуючи вимоги до естетики виробів новостворених дизайн-продуктів. Об'єкти дизайну, незважаючи на своє розмаїття, розвиваються за єдиними принципами, орієнтованими на стійкість, ергономічність та функціональну ефективність. Ці закономірності особливо яскраво проявляються у галузі проектування засобів захисту органів дихання, де інноваційні методології та новітні матеріали стають визначальними у створенні безпечного та комфортного середовища для людини.

2. Встановлено, що останні пандемічні події сприяли прискореному розвитку засобів захисту дихання, акцентуючи увагу на адаптивності, комфорті та довговічності захисних масок та респіраторів. Аналіз джерельної бази та методології дослідження довів, що у XXI столітті проектування засобів індивідуального захисту органів дихання трансформується з вузькоспеціалізованого інженерного процесу в комплексну міждисциплінарну область, що інтегрує дизайн, біомедичну інженерію, ергономіку та матеріали.

Формування нових підходів до проєктування засобів захисту дихання спирається на методологічні принципи дизайну як науки, в рамках якої розробляються інноваційні рішення.

3. Історичний огляд визначив, що концепція створення сучасних ЗІЗОД лишилася майже незмінною з початку ХХ ст., але сьогодні в проєктуванні враховується не тільки функціональне призначення, а й набутий досвід. Аналіз розвитку за останні сто років свідчить про вплив загального стану суспільства та стрімкого розвитку швейного виробництва, пов'язаний з масовим виготовленням виробів спеціального та захисного призначення, що актуалізовало напрям виробництва захисного медичного одягу та його складових елементів, здатних забезпечити збереження життя, здоров'я та працездатності людини з урахуванням функціональних особливостей та композиційних вимог. Представлено особливості класифікації засобів індивідуального захисту в Україні, Євросоюзі та Сполучених штатах відповідно стандартів та інших нормативних документів, які визначають різновиди підходів до проєктування та сертифікації захисних виробів.

4. Обґрунтовано виявлено, що дефіцит масок під час пандемії SARS-CoV-2 став символом крихкості сучасної медицини та охорони здоров'я, а історія медицини довела пріоритетність поступової заміни багаторазових масок для обличчя одноразовими, активного їх накопичення, а також науково-практичних пропозицій щодо інноваційних рішень у проєктуванні та виготовленні достатніх обсягів одноразових захисних масок у найкоротші терміни відповідно до функції призначення. Одночасно наголошено на необхідності застосування багаторазових тканинних масок як надійної заміни для загального суспільного використання.

5. Визначено, що сучасні тенденції диктують необхідність підвищення ефективності фільтраційних та ізолюючих властивостей захисних засобів та адаптації їх до різних умов експлуатації, покращення комфорту, естетики та зручності використання. Естетизація захисних засобів є сьогодні актуальною тенденцією. Доведено, що у сучасних умовах ергономіка та зовнішній вигляд

засобів захисту стають не менш важливими, ніж їх функціональні властивості, що диктує необхідність дизайнерського переосмислення традиційних форм. Розглянуто можливості використання пропорції золотого перетину як природної тотожності у параметрах обличчя людини та застосування у проєктуванні гармонійних та ефективних масок.

6. Зазначено, що сучасний стан розробок у галузі захисних масок відрізняється високим ступенем різноманітності підходів; аналіз наукових досліджень дозволив визначити ключові тенденції розвитку інновацій. Доведено, що новітні матеріали – нанофільтри, композитні полімери, активні мембрани – підвищують ефективність захисту дихальних шляхів, покращують комфортність експлуатації та забезпечують можливості застосування інноваційних технологій при створенні захисних виробів.

7. Виявлено біометричні системи технологіями наступного покоління, які покращують безпеку, забезпечують доступність та медичне застосування з використанням 3D-сканування обличчя людини. Висвітлено сучасні дослідження ролі 3D-сканування у концепції Індустрії 4.0, його роль в умовах четвертої промислової революції. Зазначено розвиток 3D-фотографії та 3D-сканування для точного відображення 3D-об'єктів. Запропоновано розвиток комбінованого використання технологій 3D-сканування та 3D-друку для відтворення реальних об'єктів без використання традиційних технік. Визначено постійний розвиток ринку 3D-технологій, а також створення нових підходів до сканування людського тіла.

8. Встановлено необхідність комплексного підходу у дизайні сучасних засобів захисту органів дихання, що потребує гармонійного поєднання технологічних, ергономічних і естетичних параметрів. Визначено перспективні напрями проєктування захисних виробів, які полягають у посиленні індивідуалізації замовлень, використанні 3D-сканування та персоналізованого виробництва засобів захисту органів дихання застосуванням адитивних методів. Все це спрямовано на розробку алгоритму

реалізації проектних рішень захисних масок за інноваційними технологіями відповідно функцій призначення.

Основні результати цього розділу дисертації апробовано в доповідях [42, 49, 54,], опубліковано в статтях [1, 34, 43, 231].

РОЗДІЛ 2

ЕРГОНОМІКА ТА АНТРОПОМЕТРІЯ ОБЛИЧЧЯ ЛЮДИНИ 3D-СКАНУВАННЯМ КЛЮЧОВИХ ТОЧОК ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕФЕКТИВНОГО ЗАХИСТУ ОРГАНІВ ДИХАННЯ

2.1. Дослідження сучасних текстильних матеріалів і полімерних композитів для виготовлення засобів захисту органів дихання та їх елементів

Існуючи різновиди уніформи та відповідних захисних елементів (масок, респіраторів, окулярів, навушників тощо) не завжди пропорційні одягу, а їх комбінування в процесі експлуатації потребує удосконалення шляхом урізноманітнення матеріалів та окремих елементів. Основним фактором гармонізації образу людини у масці має бути відповідність форми виробу типу обличчя, утилітарному призначенню і функціональності, гарній посадці завдяки обґрунтованому вибору матеріалів і конструктивної досконалості [49]. Остання вимога може бути виконана застосуванням інноваційних технологій та новітніх матеріалів при проєктуванні та виготовленні виробів, а також якісних результатів виконання передпроектних завдань щодо вимірювання обличчя людини сучасними високоточними методами.

Відсутність відповідних норм мікроклімату вимагає застосування ЗІЗ – масок, фільтрувальних пристроїв, ізолювальних дихальних апаратів. Сьогодні на ринку України доступний широкий асортимент виробів для захисту органів дихання, що відрізняються за конструкцією, використаними матеріалами та рівнем захисту користувача; всі вони підпорядковуються нормативним документам [11-13; 15]

2.1.1. Фільтрувальні текстильні матеріали ЗІЗОД для забезпечення захисту та можливості утилізації

Основну роль у роботі респіраторів відіграє фільтрувальний матеріал, з якого вони повністю чи частково складаються. У якості фільтруючої

перегородки виступають тканинні матеріали з природних, синтетичних або мінеральних волокон; неткані волокнисті матеріали (повсть, клеєні і голкопробивні матеріали, папір, картон, волокнисті мати); губчаста гума, пінополіуретан, мембранні фільтри. Найчастіше використовують волокна поліетилену, поліпропілену, поліаміду та полієфіру, популярні також термопласти.

Відомо, що усі існуючі фільтрувальні текстильні матеріали не здатні забезпечити максимальне вловлювання шкідливих часточок при збереженні оптимальних фізико-механічних властивостей, необхідних для ефективної роботи засобів індивідуального захисту органів дихання. Тому над проблемою вдосконалення зразків працювали багато українських вчених матеріалознавців, дизайнерів – Колосніченко М.В., Супрун Н.П., Остапенко Н.В., Третьякова Л.Д., Чепелюк О.В., Колосніченко О.В., Власенко В.І., Чеберячко С.І., Голінько В.І., Пелик Л.В., Мичко А.А., медиків-біологів Задорожної В.І., Рибалко С.Л., Старосили Д.Б., Дерябіна О.Н. та ін. [3; 5-7; 15; 16; 21-28; 37; 42-54; 56-58; 61; 75; 76; 78-81]. Їх розробки стосуються багатьох сфер використання – від проблем запилення в агропромисловому комплексі до покращення умов роботи зварювальників та розробки газо-пилозахисних респіраторів полегшеного типу, а також при проектуванні новітніх матеріалів та уніформи для медиків і засобів гігієни важкохворих пацієнтів під час пандемії COVID-19.

Фільтрувальні полімерні полотна (ФПП) являють собою рівномірні шари ультратонких полімерних волокон, нанесених на підкладку чи без неї. Це традиційний перхлорвініл, ацетилцелюлоза, полістирол; до матеріалів з підвищеними фільтрувальними властивостями відноситься сополімер стиrolу і акрилонітрилу, з високою термостійкістю – політрифторстирол, полісульфон; інколи використовуються формальдегідні смоли, поліакрилонітрил, деякі фторопласти. Їх особливістю є висока ефективність уловлювання найбільш проникаючих частинок при порівняно низькому опорі повітря. ФПП випускаються трьох основних типів: ФПП-40, ФПП-70 і

ФПП-15, що розрізняються середнім діаметром волокон. У свою чергу, кожен тип матеріалу поділяється на кілька марок, відрізняються товщиною фільтруючого шару і, відповідно, ефективністю уловлювання аерозолів.

Основною проблемою при розробці ЗІЗОД є підбір матеріалу, здатного поглинати шкідливі пари і гази протягом заданого часу, не змінюючи при цьому своїх хімічних і механічних властивостей, та який має низький аеродинамічний опір. При цьому він не повинен мати подразнюючої чи токсичної дії на шкіру людини, бути стійким до механічних і хімічних впливів в умовах застосування. Найбільш ефективним матеріалом для респіраторів вважався відомий волокнистий фільтруючий матеріал ФП [58], отриманий методом електростатичного формування волокон з розчинів полімерів. Однак, його ефективність значно знижується при підвищеній вологості повітря. Додавання в фільтрувальний матеріал сорбенту – активованого вугілля, дозволяє поглинати леткі органічні сполуки, запахи, однак не віруси. Поширеним є також матеріал, отриманий з волокон перхлорвінілу, який є хорошим ізолятором, завдяки чому тривалий час зберігаються електростатичні заряди, які сприяють уловлюванню аерозолів та забезпечують високі фільтрувальні властивості. Але постала проблема сировини, яка б задовольняла вимоги існуючих санітарних норм для респіраторного фільтрувального текстильного матеріалу. Матеріал з поліакрилонітрильних волокон, наповнений активованим вугіллям, має високу сорбційну здатність і може використовуватися в респіраторах для захисту від шкідливих речовин,

Зважаючи на виявлені недоліки у роботі респіраторів із використанням охарактеризованих текстильних матеріалів, вченими був розроблений новий фільтр з покращеними фізико-механічними показниками, який задовольняє усі санітарні норми. Це матеріал із робочим шаром волокон діаметром 1–10 мкм, отриманий експериментальним методом електростатичного формування з розчину полікарбонату в суміші розчинників дихлоретану та хлористого метилену. Запропонований фільтрувальний матеріал нового покоління, який володіє добрими сорбційними властивостями, високою ефективністю

очищення повітря від забруднень органічного та неорганічного походження і низьким аеродинамічним опором. Він складається з двох шарів нетканого текстильного матеріалу між якими утворений шар гідрату окису алюмінію. Висока ефективність фільтрації такого матеріалу визначається діаметром волокон і наявністю у них стійкого електричного заряду.

У результаті наукового і патентного пошуку було виділено перспективні напрямки розробки текстильних матеріалів для респіраторів: нанесення нових сорбентів на традиційний фільтр Петрянова; застосування матеріалу з пористих поліакрилонітрильних волокон, в об'єм яких вводиться порошкоподібний сорбент (вугілля, іонообмінні смоли, цеоліти); використання матеріалу з каталітичними властивостями (гопкаліт) для розкладання шкідливих газів.

Актуальним залишається вдосконалення респіраторів шляхом розробки текстильних матеріалів для фільтруючого елемента на основі іонообмінних волокнистих матеріалів з метою поліпшення захисних і гігієнічних властивостей. Більшість вчених стверджує, що найоптимальніше використовувати пакет фільтрів, який складається з волокнистих матеріалів з різним гідродинамічним опором. Кожен з фільтрів можна розглядати як каскад, на якому осідають аерозольні частинки певного розмірного діапазону. Особливу увагу слід звернути на використання нанотехнологій при виробництві фільтрувальних текстильних матеріалів. Це надзвичайно перспективні розробки, які дозволяють отримувати фільтри з нановолокон, які можуть застосовуватися для тонкої очистки повітря і інших газових середовищ від дисперсних частинок, навіть при підвищених температурах до 350° С. Такий термостійкий нановолокнистий матеріал складається із внутрішнього робочого шару, створеного за допомогою електроформування з волокон полідифеніленфталіду, та двох зовнішніх захисних з нетканого кварцового матеріалу.

Аналіз моделей показав, що для виготовлення сучасних одноразових та багаторазових масок використовують як синтетичні так і натуральні

матеріали. Спанбонд – назва технології виробництва нетканого матеріалу з розтопу полімеру фільтрним способом. Часто в професійному середовищі терміном «спанбонд» позначають матеріал, зроблений за технологією «спанбонд». Сутність фільтрного способу полягає в наступному: розтоплений полімер виділяють через фільтри у вигляді тонких безперервних ниток, які потім витягують в повітряному потоці і, лягаючи на рухомий транспортер, вони утворюють текстильне полотно. Нитки на сформованому полотні згодом скріплюють. «Спанбонд» не має властивості утворювати токсичні з'єднання в повітряному середовищі і стічних водах у присутності інших речовин і факторів при температурі довкілля. «Спанбонд» не має властивості утворювати токсичні з'єднання в повітряному середовищі і стічних водах у присутності інших речовин і факторів при температурі довкілля (табл. А.4).

Матеріал мельтблаун — це нетканий вид сировини для виготовлення масок, який виготовляється з мікро- та нановолокон. Волокна полімеру випадково переплітаються і утворюють нетканий матеріал, придатний для виготовлення захисного одягу. Тому використовують мельтблаун для медичних масок. Неткані матеріали мають відмінну захисну функцію, а також добре фільтрують повітря і не дозволяють вірусам проникати у дихальні шляхи людини.

Еластичний поліуретан – спеціальний синтезований матеріал, отриманий зі штучних каучуків, що володіє еластичними властивостями та високою міцністю. «Лайкра», «Еластан», «Спандекс», «Лінель», «Дорластан» – все це досить відомі назви еластичних поліуретанів. Еластичні поліуретани мають основні технологічні властивості: високий коефіцієнт механічної міцності; водонепроникність; еластичність та гнучкість; екологічна чистота та безпека; практично не схильний до усадки під час експлуатації.

Вуглецеві тканини з сорбційними властивостями медичного призначення виготовляються зі звичайних вуглецевих тканин за допомогою різкого перепаду температур та тиску, що дозволяє створити величезну площу пор. Наприклад, тканина вуглецева сорбційна медичного призначення АУВМ

«Дніпро» МН. Використовується як ентеро-, гемосорбент, аплікаційний матеріал і фільтр для ентеро-, гемосорбції (порошок), аплікації та очищення рідин.

Ляна́ тканина – це тканина з гладкою поверхнею і матовим блиском, одержувана з лляного волокна, що своєю чергою отримують зі стебла рослини льону. Ляна тканина виробляється з лляної пряжі (див. прядіння), в основному полотняним переплетінням. Найбільш цінні властивості лляної тканини – висока міцність і здатність вбирати вологу при порівняно великій повітро- і теплопроникності, а також стійкість проти гниття. Ляні тканини відрізняються також добротною, підвищеною жорсткістю, які посилюються апретуванням. Ляні тканини гарно носяться і дають порівняно невелику усадку при зволоженні.

Верхній шар маски забезпечує затримку крапель та частини аерозолі з бактеріями та вірусами. Оскільки в одноразових масках верхня частина зі штучних тканин зазвичай гідрофобна – вірулентні аерозолі залишаються на поверхні і можуть інфікувати користувача при необережному користування, тому тут перевагу мають натуральні тканини оброблені антисептиками, адже вони поглинають краплі і стерилізують їх, це дозволяє «пробачати» необережність користувача.

Середній шар маски виступає фільтром, тому перевагу тут має вуглецева тканина з адсорбційними властивостями, адже вона утримує вірулентні частинки в порах до стерилізації користувачем. Хоча він має свої недоліки – низьку міцність при фізичному впливі. Внутрішній шар як з синтетичних, так і з натуральних має гідрофільні властивості та поглинає вологу з видихів користувача.

Отже, для забезпечення споживачів доступними та ефективними засобами захисту органів дихання слід заохочувати нових виробників масок та використання сучасних матеріалів. Однак маски та матеріали для них мають бути належним чином перевірені на безпеку та ефективність, як того вимагає відповідні стандарти. Усі стандарти передбачають визначення ефективності

бактеріальної фільтрації масок. Під час глобальної пандемії COVID-19 збільшився випуск нових доступних масок та матеріалів, одночасно зросла кількість невідповідних продуктів. У Європі медичні маски для обличчя мають відповідати стандарту EN 14683 [12], який визначає вимоги до тестування та відповідні методи. Маски повинні бути перевірені на загальну конструкцію та дизайн, чистоту використаних матеріалів, стійкість до бризок, повітропроникність, мікробну чистоту, біосумісність та ефективність бактеріальної фільтрації (BFE). Останній визначається на основі ефективності фільтрації бактеріальних крапель і аерозолів, що переносяться навколишнім повітрям, імітуючи повітря, що видихається в навколишнє середовище. Отже, цей параметр визначає здатність протестованих масок запобігати подальшому поширенню бактерій. Дослідженнями світових науковців Chua M.H., et al., Deng, W., et al., Seidi F., et al. [134; 155; 315] встановлено, що досягнути відповідність стандарту можливо шляхом включення графенів, алкілсиланів і наночастинок металів у стандартні матеріали, що використовуються для виробництва покриттів для виготовлення матеріалів масок для обличчя.

2.1.2. Структурування шарів матеріалів у визначенні ефективності фільтраційної здатності ЗІЗОД

Передача вірусу іде через аерозолі, які можуть довго залишатися в повітрі, що й призводить до збільшення кількості випадків [349]. В даний час доступно багато типів масок для обличчя з широким діапазоном ефективності фільтрації, включаючи хірургічні маски, тканинні маски та респіратори, причому найбільш поширеними є хірургічні маски [134].

Для зменшення кількості активних випадків зараження, стандартна хірургічна маска складає кілька шарів (рис. А.79). Зовнішній шар є водонепроникним, відштовхує та блокує зовнішні рідини (краплі слини, що утворюються під час дихання, розмови, кашлю та чхання) [226]. Середній шар являє собою фільтр, що складається з щільно переплетених тонких синтетичних волокон. Він фільтрує частинки та мікроорганізми, які перетнули

зовнішній шар. Внутрішній шар вбирає слину та вологу з видихуваного повітря.

Через раптове зростання попиту та порушення глобальних ланцюгів постачання, незліченна кількість країн зіткнулася з дефіцитом вищезазначених товарів [110; 141; 207]. Для боротьби з цими проблемами та забезпечення загальної доступності ЗІЗОД, багатьма країнами були запропоновані певні стратегії. Це включало дезактивацію респіраторів, повторне використання одноразових масок та їх тривале використання, а також використання прострочених масок. Також було зафіксовано появу на ринку нових виробників масок для обличчя, а також зростаючу кількість нових матеріалів, які мають тестуватися на безпеку та ефективність фільтрації. Однак, через обмежену кількість доступних акредитованих лабораторій, багато нових масок для обличчя або матеріалів належним чином не можуть бути перевірені, що створює проблему при застосуванні таких масок. Крім того, заохочувалося впровадження одноразових замінників масок, таких як тканинні маски, які можна прати в машині, що призвело до високої кількості та доступності тканинних масок ручної роботи [110; 207].

Кількість шарів і властивості матеріалів сприяють ефективності та безпеці [273]. Тому маски з різних матеріалів (наприклад, тканинні) відрізняються якістю та ефективністю. Найпоширенішими тканинами, які використовуються для виготовлення тканинних масок, є бавовна та різні бавовняні суміші, шовк, льон і деякі синтетичні тканини. Багатошарові тканинні маски, виготовлені з комбінації тканин, таких як бавовна та шифон або бавовна та шовк, є найефективнішими, але все ще не забезпечують такий же захист, як хірургічні маски чи респіратори [152; 312; 322].

Коли йдеться про виробництво нових типів масок, найпоширенішою стратегією є використання першого шару з нових матеріалів і матеріалів зі спеціалізованими функціями, що підвищує захисні властивості і довговічність. Другим шаром часто слугує нетканий поліпропіленовий (ПП) шар, якій технологічно видувається з розплаву та здатний захоплювати нафтові та

немасляні частинки. Третій шар виготовляють з модакрилу, що забезпечує жорсткість і товщину маски, надаючи їй більше структури та сприяючи комфорту [377]. Часто у другому шарі можна використовувати полістирол, полікарбонат, поліетилен та поліестер. Так само респіратори складаються з чотирьох шарів матеріалів, де зовнішній і внутрішній шари виготовлені з гідрофобного нетканого поліпропілену. Таким чином, ефективність фільтрації масок залежить від хімічної структури матеріалів, кількості шарів, розмірів пор, організації волокон, їх товщини, діаметру, заряду, щільності, гідрофільності [224]. Маски, виготовлені з волокон малого діаметру, які утворюють дрібні пори, демонструють найвищу ефективність уловлювання часток. Тому поліпропілен, поліетилен, поліакрилонітрил та інші полімерні матеріали є найкращим вибором для виготовлення масок. Кількість шарів пояснює три- та чотиришарову структуру стандартних хірургічних масок і респіраторів відповідно [377], а також правильне прилягання масок ще більше покращує їхні захисні властивості [224]. Підгонка особливо актуальна при порівнянні ефективності фільтрації хірургічних масок і респіраторів – завдяки своїй конструкції та підгонці, якщо вони належним чином встановлені, респіратори пропонують кращий захист [210].

Завдяки належному та широкомасштабному тестуванню, на ринку постійно з'являються додаткові маски. Так, під час дефіциту було запропоновано використовувати хірургічні маски, виготовлені зі стерилізаційної плівки [189]. Саме такі матеріали здатні бути використаними задля виконання задач проєктування щодо швидкісного випуску масок для забезпечення захисту окремих підрозділів, коли маски використовувалися як витратний матеріал та їх вкрай не вистачало. Розроблені прототипи хірургічних масок були виготовлені з двох сортів товщини комерційної стерилізаційної плівки. Безпека оцінювалася в контексті нормативних стандартів. [12; 189]. Це потребує також додаткового розгляду екологічних питань, але не є тематикою цього дослідження.

Продовжуючи тему дефіциту масок та матеріалів для їх виготовлення, багато робіт присвячено ефективним стратегіям їх повторного використання. Дослідженнями Bossi L.E., et al. [115] доведено можливості повторного використання хірургічних масок и масок FFP2/KN95 шляхом регенерування використаних масок паровою праскою, а також спеціальними знезаражувальними процедурами та спеціальними пристроями (рис. А.80-А.84).

Щодо особливостей використання різновидів масок та їх захисної дії, Ramratan A., et al. [299] розглянули особливості фінішної обробки матеріалів для виготовлення масок, які здатні забезпечити комплекс вимог захисту та естетики формоутворення у проектуванні дизайн-виробів. Нову концепцію виклали дослідники Chen Q, et al., Tang J.W., et al., Wen Z, et al. з університету науки, технологій і моди [130; 335; 361] щодо створення багаторазової маски для обличчя з трикотажу. Завдяки фінішній обробці, характеристики та параметри трикотажного матеріалу (властивості комфорту, управління вологою, товщини, розміри пор тощо) були суттєво змінені – на рис. А.85-А.92 наведено зразок і протокол тришарової хірургічної маски, його мікроскопія. Така обробка допоможе запобігти зараженню вірусом COVID 2019, вбирає піт, позбавляє від неприємних запахів, вловлює бактерії, що виділяються краплями рідини та аерозолями, а також проти пилового забруднення – виріб також можна мити та багаторазово використовувати, що є суттєвим для використання у лікарнях невеликих міст при нестачі хірургічних масок. Цікавими також є дослідження щодо додаткової обробки матеріалів захисної маски репелентним покриттям, яке робить фільтруючий шар основним фактором бар'єрної ефективності хірургічної маски для обличчя.

Через безпрецедентний попит з моменту спалаху COVID-19, одноразові маски для обличчя були введені в комплексну стратегію профілактики та контролю інфекцій [101], неправильна утилізація масок може привести до потрапляння величезної кількості пластику в навколишнє середовище [288; 310]. Деякі пластифікатори були класифіковані як потенційно шкідливі для

навколишнього середовища [114] і здоров'я людини [283]. Маски для обличчя складаються з кількох шарів пластикових полімерів і добавок, таких як фталати, а також містять пластифікатори, групу низькомолекулярних речовин, які додають у процес виробництва полімерів для підвищення їх гнучкості та універсальності [364]. Це викликає загрози та занепокоєння з двох сторін – при попаданні фталатів в організм людини, а також значні викиди мікропластику у водне середовище при неправильній утилізації [379]. Варіанти виготовлення існуючих масок залежать від виробника. Використовуються різновиди масок: хірургічні та медичні, FFP2, N95, бавовняні, фешн або маски з активованого вугілля. Було досліджено чотири маски різних моделей, марок, кольорів і матеріалів виготовлення (рис. А.93-А.96). Хірургічні маски та маски FFP2 використовувалися як репрезентативні зразки, оскільки вони були рекомендованими для носіння та найбільш широко використовуваними під час пандемії. Проаналізовані Zuri G., et al. [379] хірургічні та FFP2 маски для обличчя різних виробників були виготовлені з атактичного поліпропілену (PP), як зазначено виробником. Підтверджено, що поліпропілен та поліамід (РА) виділялися у вигляді фрагментів, тоді як PP і поліефір (PES) вивільнялися у вигляді волокон. Такі дослідження можна застосувати при прогнозуванні потенційного впливу при виборі матеріалів для виготовлення ефективних захисних масок.

При стрімкому зростанні інфекційних захворювань, пандемії коронавірусу створюється безпрецедентна ситуація в усьому світі. В умовах різких спалахів заражень, потребуючих введення карантинних заходів, та прогресуючих темпів поширення COVID-19, який передається повітряно-крапельним або повітряно-пиловим шляхом, суттєво зростає затребуваність в засобах індивідуального та колективного захисту, що можуть забезпечити надійний захист органів дихання людини в умовах масового розповсюдження вірусної, а також бактеріальної інфекції. Враховуючи неприпустимість використання в такій ситуації засобів захисту і, перш за все, захисних масок,

які не виконують своїх функцій і не забезпечують належного ефекту, вимоги стандартів до них постійно посилюються.

В Інституті епідеміології та інфекційних хвороб ім. Л. В. Громашевського Національної академії медичних наук України (ДУ ІЕІХ НАМНУ) багато років проводяться роботи з вивчення віруліцидної активності (захисту) текстильних матеріалів для масок на моделях коронавірусу тварин, а також аналізу отриманих результатів для боротьби з коронавірусами людини. Дослідження ведуться під керівництвом професорів-медиків В.І. Задорожної, С.Л. Рибалко, науковців-біологів Д.Б. Старосили, О.Н. Дерябіна та інших (рис. А.97).

Автор цієї роботи у співпраці з вченими КНУТД залучався до участі у визначенні захисних властивостей матеріалів для захисних масок «Carbon-Guard G+», оброблених сорбентом (рис. А.98), а також дослідженні захисних властивостей означених тришарових масок та фільтруючих респіраторів (рис. А.99). Так, першочерговими вимогами до засобів захисту органів дихання є: максимальна затримка вірусної/бактеріальної маси; щільність прилягання до обличчя в умовах закриття носу і роту; гіпоалергенність матеріалів, що використовуються у масках; обов'язкова можливість поступово накопичувати і фільтрувати повітря на вдиху і безперешкодно його видихати; обов'язкова (для багаторазової маски) придатність до легкої дезінфекції; простота утилізації. Усім цим вимогам задовольняють спеціальні захисні маски «Carbon-Guard» та «Carbon-Guard G+» (рис. А.100), які на сьогоднішній день є новітньою та перспективнішою розробкою українських вчених ДУ ІЕІХ НАМНУ. Розроблена захисна маска володіє рядом наступних суттєвих переваг над іншими засобами індивідуального захисту. Так, розташований всередині двох лляних шарів маски (рис. А.99-А.100) фільтруючий шар з високоактивного вуглецевого сорбційного волокнистого матеріалу (рис. А.101) поглинає патогени, зокрема віруси, з повітряно-крапельної суміші на вдиху і з аерозоллю видиху хворого-вірусоносія. В результаті досліджень, проведених щодо коронавіруса, встановлено, що цей вуглецевий шар затримує

понад 99% вірусної маси. Тришарова конструкція маски, завдяки вуглецевому фільтруючому шару, дає можливість наносити на поверхню зовнішнього зовнішнього шару (рис. А.102) потужні антисептики без шкоди для здоров'я користувача, наприклад, високомолекулярний гуанидин з високою біоцидною активністю. Антисептик на поверхні зовнішнього шару, в свою чергу, дає можливість безпечного дотику до маски в процесі користування. Також для виготовлення масок-респіраторів можна використовувати інші матеріали різної товщини та поверхневої щільності, в тому числі багат шарові (рис. А.103).

На зразок фільтруючого респіратора маска забезпечена конструктивними пристосуваннями для поліпшення прилягання маски до обличчя: заскульні валики, складки-плісе, натяжні гумові кріплення з регулюючими застібками). Маска дуже ергономічна, проста і зручна в користуванні, її легко одягати і знімати. Легкість і вільне дихання забезпечуються за рахунок невеликої щільності всіх трьох шарів маски. Носова та носогубна гнучка притискна пластина поліпшують прилягання маски до носа і підборіддя та формують повітряний мішок для забезпечення додаткового обсягу повітря. Фільтруючий шар дозволяє багаторазово використовувати маску після її дезінфекції водяною парою або в процесі кип'ятіння. Гіпоалергенність маски забезпечено використанням внутрішнього шару з льону, якій контактує зі шкірою обличчя.

Простота і зручність утилізації маски забезпечена застосуванням відомих за своїми властивостями матеріалів, з яких виготовлена маска та її конструктивні елементи. Після використання вони підлягають звичайній утилізації, не потребуючі негайної спеціальної обробки чи герметичного поховання та, відповідно, додаткових витрат.

Отже, маски «Carbon-Guard» та «Carbon-Guard G+», завдяки функціональним характеристикам складових матеріалів та ряду конструктивних рішень, об'єднали кращі якості фільтруючого респіратора і медичної маски. За умов виконання усіх необхідних правил користування та

догляду, ці маски забезпечуватимуть найвищий рівень біологічного захисту за маркуванням засобів індивідуального та колективного захисту органів дихання N95.

Розроблені маски пройшли лабораторні випробування, мають позитивні висновки від Інституту епідеміології та інфекційних хвороб ім. Л.В Громашевського АМНУ, Інституту мікробіології та вірусології ім. Д.К. Заболотного НАНУ, Сертифікат якості державного зразка від санітарно-епідеміологічної служби України. Авторами проєкту розроблені та затверджені технічні умови (ТУ У 13.9-43636172-001:2020 «Маски захисні з карбоновим сорбційним фільтром Carbon Guard») та подано заявку на отримання патенту. В рекламних цілях було виготовлено пробну партію масок «Carbon-Guard» (рис. А.99), проведено маркетингові семплінги та тестовий продаж. Використання масок на практиці показало гарний результат.

У Додатку (рис. А.104) представлено Висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи на ТУ У 13.9-43636172-001:2020 «Маски захисні з карбоновим біоцидним фільтром «Carbon-Guard». Технічні умови», які відповідають вимогам діючого санітарного законодавства України і можуть бути погоджені (затверджені). Виходячи з наведеного, запропонований за участі автора проєкт спрямований на організацію виробництва саме цієї групи масок.

У подальшому групою дослідників проводилась робота з налагодження виробництва групи фільтрів для очищення води і харчових рідин, а також для використання в рециклерах, респіраторах, біо-протигазах, призначених для зниження патогенної мікробної маси в повітрі. Ці фільтри розроблені на основі застосовуваних у масці композитів з лляної і вуглецевої тканини, а також протипилового та фільтруючого паперу з біоцидним покриттям високомолекулярних гуанідином або наносрібл. Станом на сьогодні розробка фільтрів завершена; проведено ряд випробувань, які мають позитивні результати. Але такі подальші дослідження вже не входили у завдання представленої роботи.

Окремо слід визначити, що для засобів кріплення в масках слід використовувати такі матеріали, що володіють підвищеними властивостями міцності та мають особливо кріпитися до масок та респіраторів. До таких матеріалів відносяться текстильно-галантерейні вироби [43]. Серед розповсюджених різновидів текстильно-галантерейних виробів є еластична тасьма, виробництво якої передбачає покриття ниток латексу поліефірними волокнами. Залежно від ширини та щільності вона може використовуватись при виготовленні туристичного спорядження, спецодягу, військової форми, захисних масок та респіраторів, поясів, трикотажного одягу, взуття, сумок, масок, косметичок, чохлів тощо. Показники якості шнурів для виробів захисту органів дихання мають відповідати зазначеним вимогам щодо міцності, надійності, еластичності, естетичності тощо. Зазначено сферу та представлено приклади використання кожного з різновидів текстильно-галантерейних виробів. Описано характерні ознаки відповідно призначенню, способи виготовлення, технічні характеристики тощо. Перераховано показники якості ремінної та еластичної тасьми, шнура плетеного для виготовлення швейних виробів військового та спеціального призначення.

Також зазначимо, що вчені дослідники не радять використовувати маску, якщо тканини виглядають помітно зношеними [153]; наводять рекомендації щодо особливостей прання багаторазових масок. Маску повинна носити лише одна людина; коли маска стає мокрою або брудною, її слід негайно змінити; забруднену маску не слід носити протягом тривалого часу.

2.2. Захисна маска як естетичний акцент в образі: функціональність і візуальна привабливість

Відповідно до попередніх досліджень визначено, що обличчя є найважливішим фактором, що впливає на зовнішній вигляд людини. В епоху, коли глобальні кризи охорони здоров'я стають дедалі частішими, традиційна 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.

У контексті естетичного дизайну, захисна маска перетворюється на багатогранний елемент, що поєднує в собі 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.

В естетиці обличчя існує певна математична пропорція – золотий перетин, якій використовується для вимірювання та аналізу естетичних якостей обличчя людини. До COVID-19 захисні маски в масовій свідомості асоціювалися з певними контекстами, але не були повсякденним елементом глобальної моди. Їхнє використання та естетичне значення залежали від культурних і соціальних умов. Як зазначено у р.1, науковцями проводилися дослідження вимірювання пропорцій м'яких тканин обличчя, що допомогло б створити стандарт краси обличчя, діагностувати відмінності та аномалії обличчя та порівняти ці пропорційні взаємозв'язки із золотим перетином [217]. Дослідження проводилися з різними гендерними групами турецьких пацієнтів різного віку, що можна вважати майже універсальним типом обличчя в умовній типології обличчя населення Європа-Азія. Оцінка пропорцій обличчя по відношенню до золотого перетину показала, що між гендерними групами спостерігалася статистично значуща різниця (рис. А.34-А.35). Довга морфологія обличчя більше спостерігалася у чоловіків (51,4%); нормальна

(41%) і коротка (39,3%) морфологія обличчя частіше зустрічалася у жінок. Вимірювання та пропорції балансу обличчя в досліджуваній популяції показали, що пропорції ширини та висоти обличчя відхилялися від золотого перетину [217]. Це свідчить про складність проектування ефективних засобів захисту органів дихання, коли виникає потреба у індивідуальному проектуванні масок, респіраторів для забезпечення їх якісної обтюрації, що є одним із основних завдань представленого дослідження.

2.2.1. Антропометрія обличчя та удосконалення посадки маски як чинник забезпечення ефективного захисту

Захисна маска та медична (хірургічна) маска зокрема, в порівнянні з респіратором має недостатньо щільне прилягання до обличчя. Ще 15-20% втрачає ефективності через відсутність спецкріплень, затяжок, ущільнювачів та повітряного мішка. Саме тому ми стверджуємо, що максимальний захист, який маска забезпечує собі та іншим, значною мірою залежить від покращення підгонки масок. Результати досліджень O'Kelly E., et al. [275] вказують на те, що існує потенціал для підгонки, щоб покращити прилягання масок, заклеюючи краї маски або щільно притискаючи маски до обличчя. Нами запропоновано, щоб нові конструкції масок зосереджувалися на щільнішому приляганні країв маски до обличчя користувачів. 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 хірургічні маски та маски KN95, які стали предметом дослідження [275]. Відзначено, що правильна посадка є основним фактором у визначенні ефективності масок для обличчя, але маски, доступні для громадськості, часто страждають від поганої посадки. Щоб покращити захист, дослідниками Mueller A.V., et al., Gardner A. було внесено кілька прийомів, які називають фіт-хаками (рис. А.105-А.106). Незважаючи на те, що такі «хитрощі» привернули широку увагу та висвітлення в ЗМІ, вплив більшості хаків залишається, в основному, неперевіреною та науково необґрунтованою. Такі

прийоми підгонки включають використання нейлонового шару звичайних легкорозтяжних колготок поверх маски та зміну форми маски шляхом зав'язування вушних смужок» [181; 262].

Попередні дослідження Clapp P.W., et al. свідчать про ефективність таких методів для покращення підгонки масок [137]. Однак ті ж дані також свідчать про те, що ці методи вдосконалення можуть неоднорідно впливати на різні типи покриття обличчя. Це залишається недостатньо вивченою сферою досліджень із помітною нестачею досліджень із залученням багатьох учасників. Такі дослідження мають на меті з'ясувати, «чи справді прості фіт-хаки покращують прилягання масок до обличчя?» [181]. Такі дослідження прагнуть виявити окремі прийоми та методи, здатні здійснити при їх використанні покращення підгонки масок для обличчя, в першу чергу призначених, насамперед, для використання широким загалом споживачів.

Дослідження матеріалів для масок свідчать, що ефективним є використання поліакрилонітрильних, поліамідних, поліуретанових та інших волокон, а також моно- та біластичних полотен для виготовлення різних типів масок. Також окремі дослідники O'Kelly E., et al. [275] активно припускають, що використання нейлонового шару, який надягають на обличчя, може покращити ефективність масок. Дослідниками Clapp P.W., et al. [137] запропоновано в якості фіт-хаків накладання нейлонових панчішних виробів на маску, використання стрічки та гумок як ефективного засобу для покращення посадки маски на обличчі. Перевірка застосованих методів підгонки показала, що окремі риси обличчя можуть мати значний вплив на підгонку, особливо перенісся (рис. А.105-А.106). Нейлоновий верхній шар слугував найефективнішим способом підгонки, хоч і слід відзначити не завжди зручне і практичне використання для користувача щодо якості фільтрації при такому приляганні маски. Все це потребує і в подальшому проведення досліджень щодо ефективності придатності масок при такій підгонці до обличчя.

Саме такі дослідження слугують підґрунтям та є корисними дизайнерам при проектуванні сучасних різновидів масок, а також пристроїв для підгонки різновидів масок і респіраторів як ефективних ЗІЗ органів дихання різного призначення. Особливого значення набувають дослідження при проектуванні і виготовленні масок для медичних працівників, які, частіше за все, використовують хірургічні маски та маски KN95, що суттєво допоможе покращити захист. Також зазначені дослідницькі результати спрямовані на підтвердження висновків щодо тестування ширшого спектру засобів підгонки та розширення діапазону протестованих масок, щоб включити тканинні покриття та матеріали з просочуванням для використання в захисних масках.

Отже, різні пристосування можна використовувати для ефективного прилягання хірургічних масок та масок KN95, покращуючи захист, що надається споживачеві для використання за умов ефективного захисту. Однак багато з найефективніших хаків дуже незручні, їх навряд чи можна терпіти протягом тривалого часу. На рис. А.106 наведено приклад, де багато фіт-хаків не змогли вирішити проблеми з підгонкою навколо перенісся. Це вплинуло на користувачів із більш помітними носами та стало прикладом функції, критичної для ефективності підгонки. Зменшення цих проміжків і, таким чином, покращення прилягання не тільки покращує захист, який маска може запропонувати власнику від частинок у повітрі, але й забезпечує кращий захист для різних верств населення як споживачів масок різних ступенів захисту. Крім того, це дозволяє відповідним чином теоретизувати взаємозв'язок ефективності захисту користувачів від вірулентних часток SARS-CoV для потенційного усунення або зменшення тяжкості інфекції [180; 275]. Адже відомо [274; 275], що ключовими чинниками, які визначають ефективність ЗІЗОД є ефективність фільтрації матеріалу маски та прилягання маски. Кращі маски пропонують менше проміжків між обличчям користувача та краями маски, гарантуючи, що вдихуване повітря фактично фільтрується. Повітря прагне піти шляхом найменшого опору; отже, якщо навколо маски з високим опором є невеликі щілини, повітря буде прагнути проходити через

них, таким чином минаючи фільтрацію матеріалу маски [211]. Розробка ефективних рішень для покращення придатності залишається критичною проблемою, яка потребує подальшого вивчення та розвитку.

Респіратори N95 і хірургічні маски є прикладами ЗІЗ для захисту від часток у повітрі і забруднення обличчя рідиною (рис. А.107). Основними особливостями масок N95 є регульований затиск для носа (для герметичної посадки та запобігання запотіванню окулярів), піна для носа (для поглинання поту) і пов'язки на голову [331]. Носова кліпса виготовлена з алюмінію, піна для носа – з поліуретану, фільтр – з поліпропілену, а кришка – з поліестеру [97]. Респіратори призначені також для зменшення впливу вдихання твердих забруднювачів (пилу, туману та диму). Складки зазвичай використовуються, щоб дозволити користувачеві розширити маску так, щоб вона покривала область від носа до підборіддя. Зауважимо, що маски N95 можуть мати металеву смужку, що може призвести до втрати герметичності в приміщенні рентгену чи МРТ; можуть бути доступні також і кольорові маски N95. Маски N95 можна зберегти для повторного використання, одягнувши поверх них хірургічні/ізоляційні маски та/або щиток для обличчя, або шляхом централізованого чищення відповідно до практики закладу [304]. Респіратори наведеного сімейства мають рейтинги N, R або P для захисту від масел [234].

Хірургічна маска являє собою одноразовий пристрій вільного крою, який створює фізичний бар'єр між ротом і носом користувача та 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. А.107) складається з розплаву полімеру, найчастіше поліпропілену, розміщеного між нетканим матеріалом [194]. Розплав полімерного матеріал 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 рота та носа. Хірургічні маски не щільно 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.

2.2.2. Ергономіка використання та підвищення відповідності носіння маски для обличчя

Надзвичайно важливим фактором є правильне розміщення, або надягання/зняття захисних масок, що зменшує ризик зараження (рис. А.108). Маски категорично не хочуть носити правильно, і тут коментарі зайві. Нами надано прийоми правильного надягання захисних тканинних масок, а також етапи правильного розміщення та зняття захисної маски (рис А.109) [194]. Ця процедура є дуже відповідальною, бо нехтування простими речами може дорого коштувати, коли йдеться про здоров'я та життя людини. На рис. А.110 ілюстративно представлено одягання хірургічної маски [268; 353]. Вона описана більш детально, бо вже потрапила у науковий досвід щодо дослідження одягання засобів захисту органів дихання [97]. Так, немає чітких вказівок щодо того, чи може медичний працівник використовувати респіратор з клапаном у лікарні; однак одягання хірургічної маски поверх респіратора з клапаном може забезпечити захист іншим, особливо коли відбувається передача інфекції в громаді [263]. На рис. А.111 ілюстративно представлено одягання та зняття респіратора N95 відповідно до практики закладу [304]. Щоб забезпечити належну герметичність респіратора навколо області носа, кінчиками пальців обох рук зігніть металеву насадку навколо носа, починаючи з центру та рухаючись назовні з кожного боку.

Утилізувати або повторно використовувати маску слід відповідно до протоколу політики повторного використання (рис. А.112). Найбільш ефективними методами знезараження масок-респіраторів N95 є ультрафіолетове бактерицидне опромінення (UVGI), пароподібний перекис водню (VHP) і вологе тепло (рис. А.113). Хірургічна маска з щитком для обличчя може бути альтернативою, якщо між обладнанням і пацієнтом

створено скляний бар'єр. Також відомі хірургічні маски з покриттям латексним аерозолем, фільтром і підгонкою для облягання обличчя [277]. Відомі бактеріальні процедурні водонепроникні маски з круглим захисним козирком; хірургічні маски із субмікронним фільтром, закритим наконечником для носа, плісе із двома зав'язками; хірургічні маски із субмікронним фільтром, насадкою для носа, у формі качкодзьоба, з двома зав'язками; тришарові хірургічні маски із закритим наконечником для носа, плісе, дві зав'язки. Відомі також хірургічні маски, які забезпечують захист від твердих частинок із стрічкою плівки, що запобігає запотіванню, закритим наконечником для носа, складчастого стилю. Також наявні для використання маски для обличчя із закритою насадкою для носа, тришарові, плісировані із вушними петлями; лицьові маски із зовнішньою насадкою для носа, форма конуса, одинарний пластиковий еластичний ремінь; маска для обличчя із закритою насадкою для носа, тришарова, у формі складок, дві зав'язки-тасьма, закрита накладка для носа, плісе [156; 233]. В таких масках оцінювалось облягання та підгонка маски на обличчі. Основною вимогою стало визначення можливості одягання масок без сторонньої допомоги, що є вкрай важливим при оцінюванні ризиків, а також забезпеченні широкого діапазону захисту при поворотах голови зі збереженням глибокого і нормального дихання людини. У випадку респіратора з фільтруючою маскою індивідуальний коефіцієнт пристосування маски до обличчя має бути більше 100, призначений коефіцієнт захисту і коефіцієнт безпеки у межах 5-10 умовних одиниць [163].

Ще одним швидким та економічним засобом підвищення відповідності носіння маски під час пандемії є використання картонних виробів [215]. ВООЗ опублікувала спеціальні рекомендації щодо використання масок у контексті COVID-19 [101; 133]. Маски одягаються за допомогою еластичного шнура або стрічки (рис. А.114), їх потрібно носити протягом довгих годин, що призводить до панорами проблем, починаючи від особистої безпеки до небезпеки для здоров'я. В складні часи пандемії приходять нетривіальні рішення – запропоновано інноваційне використання картонної вирізки для

збільшення тривалості і повторного використання масок (рис. А.115). Проте є кілька проблем, пов'язаних із сучасним стилем надягання масок (рис. А.116). Так, відомо, що маску для обличчя носять як ЗІЗ для обмеження передачі краплинної інфекції. Спочатку маски не були розроблені для носіння цілий день, але через раптовий сплеск попиту та низьку доступність масок було сформульовано нову стандартну операційну процедуру, де рекомендовано збільшити терміни знаходження людини у масці. Саме тому, проблемою залишається постійне подразнення задньої частини вуха під час носіння маски. (рис. А.117). На рис. А.114-А.118 наведено ілюстрації техніки використання та відповідності ергономіки використання масок із застосуванням картону.

Окремо зазначимо, що деякі установи комерційно виробляють подібні пристрої, виготовлені з поліетилену або 3D-друкованого матеріалу, однак ці конструкції дуже дорогі та важкодоступні користувачеві. В той самий час, такий пристрій з картону простий у виготовленні, легко відтворюваний та готовий до використання, економічний та гнучкий в залежності від особливостей обличчя користувача та розміру маски. Таке пристосування з картону (рис. А.115) дозволяє покращити ергономічність еластичних масок. Це також зменшить кризу розриву між попитом і пропозицією та допоможе запобігти краплинній інфекції. Це невелике нововведення дуже допоможе у війні з пандемією COVID-19. Отже, у 5-шаровому прямокутному картоні зроблено чотири канавки у V-формі залежно від розміру голови та маски (рис. А.115-А.116). Еластичні шнури в картонних пазах слід відрегулювати і надіти маску, поклавши її на потилицю (рис. А.116). З таким картонним вирізом відбувається розподіл тиску на велику потиличну область, зменшуючи подразнення та тертя за вухами та надмірне натягування вух. Це робить маску зручнішою та зменшує ризик пошкодження вух та обличчя (рис. А.118). Це також робить маску більш щільною, зменшує витік повітря та забезпечує кращий захист.

Все це вимагає розглянути питання щодо вимірювань масок та відповідного вимірювання обличчя людини для розробки проєктного рішення за вимог підгонки ергономічної маски, а також естетики обличчя.

Відповідно до вищезазначеного, де нами розглянуто припущення щодо впливу підгонки маски на ефективний захист органів дихання та естетику людини в масці, можна стверджувати, що обличчя є найважливішим фактором, що впливає на зовнішній вигляд людини. В естетиці обличчя також існує певна математична пропорція золотого перетину, якій зазвичай спостерігається у природних об'єктах, підкреслюючи їх красу і досконалість. Найважливішими факторами привабливості обличчя є середність, статевий диморфізм, молодість і симетричність. Крім того, в загальній естетиці обличчя суттєвою є міміка, посмішка, що впливає на особливості дизайну масок відповідно захисної функції обличчя людини, яка носить або працює у масці [217]. Багато авторів використовували інструмент золотого перетину для вимірювання та аналізу естетичних якостей обличчя у своїх країнах.

Саме тому, нами актуалізовано дослідження щодо вимірювання пропорцій м'яких тканин обличчя, що допомогло б створити стандарт краси обличчя та діагностувати відмінності та аномалії обличчя та порівняти ці пропорції із золотою пропорцією. У попередніх розділах та у Додатку А наведено аналіз та ілюстрації щодо споживачів з різною морфологією обличчя – нормальною, довгою, а також проаналізовано вплив на естетику обличчя під час носіння масок.

У літературі є багато досліджень про зв'язок золотого перетину та естетичного сприйняття. Окремі дослідники вважають, що обличчя людини ближче до золотого перетину. Однак Rossetti A, et al. [308], а потім Farkas et al. [170] провели дослідження аналізу відсоткової різниці у віці обличчя Єгипетській цивілізації – відхилення від золотого перетину у виці були значно вищими. Аналізи обличчя у відсотковому відхиленні різниці пропорцій від Mizumoto Y., et al. [259] та Sunilkumar L.N., et al. [331] повідомили, що існує нерівність: раса, стать, етнічна приналежність та освітній рівень особи.

Дослідження показало різні результати, хоча в ідеалі вони мають бути рівними. Отже, на рис. А.119 наведено розміри обличчя людини, які різні у різних популяціях світу. Відмічено статистичну значущу різницю у статевих групах, що є очевидним і має бути використано у проєктуванні конструкції захисних масок та респіраторів.

2.2.3. Обтюрація масок та аналіз зв'язку між розмірами обличчя та підгонкою респіратора

Дизайн респіраторів передбачає щільне прилягання до обличчя. Ступінь функціональної здатності респіратора фільтрувати повітря можна визначити за спеціальним маркуванням на ньому, чого немає на звичайних масках.

Грунтовні дослідження щодо визначення зв'язку між розмірами обличчя та підгонкою респіратора за допомогою традиційної антропометрії голови/обличчя, яка не спеціально призначена для респіраторів, є конче потрібними. Попередні дослідження щодо оцінювання та порівняння здатності фільтрації антропометрії обличчя, специфічної для респіратора FFR, із традиційною антропометрією голови/обличчя для вивчення зв'язку між розмірами обличчя та відповідністю FFR полягає у визначенні адекватності розмірів голови/обличчя для подальшого проєктування та виготовлення ЗІЗОД [372]. Адже, забезпечення належної придатності респіраторів для людей залишається постійною проблемою в професійному середовищі, але є обмежені знання про те, як респіратори взаємодіють з обличчям, щоб «підходити».

При цьому, основним засобом та методологією дослідження слугують інноваційні технології дослідження, такі як 3D-сканування обличчя для визначення кількісних показників підгонки на вимірюванні обличчя споживачів, щоб дослідити взаємозв'язок між антропометрією обличчя та підгонкою FFR. При цьому, нами засвідчено, що методологія досліджень полягає у використанні як специфічних для FFR, так і традиційних

антропометричних вимірюваннях з метою отримання за допомогою тривимірного антропометричного програмного забезпечення.

Саме тут слід повідомити, що можливості створення сучасних дизайн-продуктів різного призначення полягає у застосуванні інноваційних технологій та відповідного програмного забезпечення. Внутрішня кореляція антропометрії може бути проаналізована для оцінки ефективності та результативності FFR-специфічної та традиційної антропометрії відповідно. Аналіз головних компонентів (PCA) був проведений, щоб перевірити корисність методу PCA для дослідження різних рис обличчя. Логістичну регресію використовували для розробки моделей асоціації відповідності шляхом оцінки зв'язку між кожним набором вимірювань обличчя та бінарним результатом результату тесту відповідності. Перевірено точність прогнозування розроблених регресійних моделей. Головним чинником залишається якість 3D-сканування та отримання якісних віртуальних копій відповідних дизайн-продуктів з метою відтворення їх за інноваційними технологіями, наприклад 3D-принтерами, для забезпечення якості копіювання та виготовлення захисних масок із сучасних полімерних матеріалів.

Отже, специфічна антропометрія обличчя FFR складається з набору вимірювань, які можуть інформувати про детальну форму обличчя, пов'язану з FFR, більш ефективно, ніж традиційна антропометрія голови/обличчя. Хоча PCA, можливо, був ефективним у зменшенні змінних розмірів для відносно великих частин людського тіла, таких як верхня та нижня частина тіла в попередній літературі, результати PCA специфічної FFR та традиційної антропометрії були непослідовними та недостатніми для опису розмірів обличчя зі складною анатомією. В області з невеликими деталями, що свідчить про те, що форму обличчя слід розуміти за допомогою різних підходів, включаючи статистичні методи. Результати аналізу логістичної регресії підтвердили, що асоційовані моделі FFR-специфічної антропометрії обличчя були значущими з вищою точністю прогнозування та мали кращу відповідність моделі, ніж моделі традиційної антропометрії голови/обличчя в

умовах із введенням усіх вимірювань, усіх оцінок ПК або 5 вимірювань від PCA верхньої частини обличчя.

Застосування у технологіях підгонки V-образних вирізів конче актуалізовано у підгонці масок та респіраторів захисту органів дихання та основних зон обличчя. Так, для забезпечення ефективного захисту органів дихання від дрібнодисперсних, важковипаровуваних частинок та частинок у зваженому стані повітря середовища, зазвичай використовують фільтрувальні півмаски для захисту від аерозолей, наприклад продукти 3M™VFlex™ [340]. Засоби захисту такого типу вимагають забезпечення ретельного прилягання півмасок до обличчя шляхом застосування особливих технологічних прийомів у одяганні-знятті напівмаски (рис. А.120).

V-подібні складки згинаються разом із рухами рота, полегшуючи мовленнєве спілкування, і розтягуються, полегшуючи дихання. Тиснена передня панель допомагає респіратору зберігати форму. Існують два розміри, що розширює діапазон осіб, для яких вони можуть використовуватись. Складна конструкція забезпечує зручність зберігання перед використанням. Рівномірний натяг гумок підвищує рівень комфорту для шиї, обличчя та голови та забезпечує відчуття надійності. Регульований, вбудований, металевий носовий затискач забезпечує індивідуальне прилягання та герметичність. Фільтруючий матеріал із покращеного фільтра 3M™ забезпечує ефективну фільтрацію з низьким опором дихання та відповідними високоякісними експлуатаційними характеристиками. Для виготовлення напівмасок фільтруючих 3M™VFlex™ використовуються такі матеріали: поліізопрен, гумки, скоби зі сталі, носовий затискач з алюмінію, фільтр з поліпропілену; продукт не містить компонентів, виготовлених з натурального латексу.

Респіратори проти твердих частинок серії 3M™ 8000 Advanced Electret Filter Material забезпечують ефективну фільтрацію з низьким опором диханню для незмінно високої якості. Вони ефективно забезпечують захист органів дихання лише тоді, як правильно підібрані та одягнені (рис. А.120).

На завершальному етапі одягання масок-респіраторів слід обома руками сформувати затискач для носа за формою нижньої частини носа, щоб забезпечити щільне прилягання та хороше ущільнення. Налаштування затиску для носа лише однією рукою може призвести до менш ефективної роботи респіратора. Такі підходи до вибору засобів захисту органів дихання не є універсальними, а призначені для зосередження уваги на підходящих продуктах для типових застосувань. Вибір найбільш підходящих ЗІЗ залежатиме від конкретної ситуації та повинен здійснюватися лише компетентною особою, яка знає оцінені ризики, фактичні умови роботи та обмеження ЗІЗ.

Надійна обтюрація маски забезпечується також для запобігання запотіванню очей людини при використанні окулярів, моноклів та хірургічних луп [208]. Стандартна техніка зав'язування хірургічної маски передбачає зав'язування двох стяжок так, щоб вони лежали над і під вухом майже паралельно (рис. А.121).

Захист очей є важливим у багатьох хірургічних спеціальностях, а також під час немедичного використання. Так, проблема запотівання призвела до зниження гостроти зору, і це вказано як головну причину невідповідності засобів захисту [145; 241]. Це відображається у його використанні в хірургії, де запотівання моноклів і луп хірурга становить небезпеку для пацієнтів (рис. А.121). Було зроблено кілька спроб вирішити цю проблему, включаючи промивання перед одяганням та нанесенням захисного шару розчину [248], додавання клейкої стрічки або використання кількох масок [213], але ми вважаємо, що використання удосконаленої техніки зав'язування стандартної маски для обличчя з бічними отворами природної форми (рис. А.122-А.124) не вимагає додаткових витрат або приладів та може бути універсальним для багатьох різновидів масок та респіраторів.

Запропонований метод [208] полягає в тому, щоб спочатку зав'язати верхню тасьму, яка лежить прямо під вухом; нижня зав'язка піднімається перед вухом і зав'язується на маківці (рис. А.122). Такий підхід дозволяє

щільніше прилягати до носа та вздовж підчонамкового валика, припиняючи вентиляцію у верхній частині маски, і утворює два бічні вентиляційні отвори, що дозволяє видихуваному повітрю виходити подалі від хірурга, обладнання та пацієнта (рис. А.123, рис. А.124). Описаний новий спосіб зав'язування маски здатний запобігти запотіванню без додаткових витрат або матеріалів.

Забезпечення якісної обтюрації масок та респіраторів відбувається також застосуванням додаткових пристроїв або фіксаторів [280]. Неправильне носіння впливає на загальну ефективність фільтрації маски. Однак існують методи покращення герметичності комерційно доступних хірургічних масок. Кілька досліджень Crebolder J.M., et al., Lombardi D.A., et al. використовували допоміжні пристрої для покращення придатності лицьових масок [146; 241; 248]. Крім того, за дослідженнями Karabagli Y., et al., Patil S.R., et al., такі респіратори не завжди забезпечують надійний захисту для людей з бородою, потенційно створюючи помилкове відчуття безпеки [213; 282]. Одноразові хірургічні маски разом з респіраторами N95, рукавичками, халатами та щитками для обличчя є рекомендованими ЗІЗОД від інфекцій у клініках.

Дослідженнями виявлено наявність розробок спеціалізованого фіксатору 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 зроблено за допомогою смартфона. Фіксатор маски був розроблений з використанням даних 3D-сканування обличчя на основі антропометричних орієнтирів обличчя (рис. А.125). Випробування ефективності фіксатора на підвищення ефективності прилягання показало більше ніж 25-кратне збільшення загального коефіцієнта прилягання, відповідаючи вимогам до пристосування для респіраторів KN95 у Китаї [280]. Суб'єктивне сприйняття дискомфорту від носіння N95 було значно вищим, ніж від хірургічної маски з фіксаторами та без них. Результати підгонки показали, що завдяки використанню фіксатора загальні підгонки, коефіцієнти кожної вправи значно зросли, ніж у групі з лише хірургічною маскою. Також порівняно з N95,

хірургічна маска з фіксатором значно покращила комфорт, що може стати гарною альтернативою у засобах індивідуального захисту органів дихання для медичних працівників. Дослідниками створено цифрове рішення для покращення підгонки хірургічних масок (рис. А.125). Робочий процес включав сканування обличчя смартфоном та застосуванням 3D-друку. Потрібні подальші експерименти для систематичної оцінки ефективності запропонованої методики. Так, виготовлення фіксатора з титану, кобальту або смоли коштуватимуть 5-40 доларів США. Однак, респіратори N95 є одноразовими, а фіксатор маски можна стерилізувати та використовувати повторно, що є стабільним порівняно з ціною маски-респіратора.

Індивідуальні фіксатори також можуть зменшити фізичний і психологічний тиск на медичних працівників, покращивши придатність масок. Він може надати медичним працівникам персоналізовану захисну маску, яка поєднує комфорт і зручність. Для медичних працівників клінічне просування фіксатора маски є дуже цінним. Потрібні також подальші дослідження, щоб визначити, наскільки індивідуальні фіксатори можуть ефективно запобігати повітряно-крапельним інфекціям.

Виокремлено комплекс досліджень щодо віртуальної посадки та покращення дизайну фільтруючої напівмаски для неповнолітніх користувачів. Метою таких досліджень було описати процедури, які призвели до вдосконалення конструкції існуючої напівмаски та забезпечення захисту органів дихання недорослих. Щоб вирішити цю проблему, науковці Čuta, M., et al. [148] оцінювали відповідність розмірів маски розмірам обличчя дітей за допомогою інноваційного метричного підходу. Тоді було створено чотири розміри на основі розміру центроїда, що призвело до покращеної підгонки та дизайну. При цьому, основними моментами визначено застосування інноваційних технологій проєктування та виготовлення масок: тривимірний набір даних людського обличчя використовувався для модифікації та перевірки захисного обладнання для недорослих; для забезпечення оптимального захисту для недорослих було запропоновано чотири категорії

розміру на основі 3D-орієнтирів обличчя та розміру центроїда; модифікований дизайн напівмаски було перевірено віртуально за допомогою візуального та чисельного підходу. Отже, це слугує ще одним свідченням та вагомим чинником того, що проектування ефективних масок може відбуватися лише застосуванням сучасних інноваційних технологій та новітніх матеріалів.

2.3. Узагальнення проєктних рішень і новітніх тенденцій для систематизації сучасних різновидів фільтрувальних масок і респіраторів

Історичний огляд та аналіз джерельної бази (р.1), а також дослідження цього розділу надали змогу певним чином підійти до розгляду особливостей захисту при використанні ЗІЗОД – різних типів виробів у різних умовах використання. Розглянемо також тенденції розвитку сучасних фільтрувальних протиаерозольних півмасок для подальшої систематизації різновидів масок з метою напрацювання підходів для розробки захисних виробів різних ступенів захисту. Це потрібно також для визначення основних вимог у інноваційному проєктуванні та виготовленні масок з різних матеріалів.

Дослідженнями цього параграфу стало узагальнення сучасних тенденцій розвитку конструкцій фільтрувальних масок для забезпечення високого рівня захисту. Попередньо визначено, що основними показниками, від яких залежить ефективність захисту, є надійне ізолювання органів дихання, високоякісне очищення повітря і своєчасне використання масок, півмасок та респіраторів удосконалених конструкцій, а також їх складових елементів, здатних підвищити ступінь захисту працівників.

Відповідно до вищевикладеного, в Україні найбільш поширеними професійними захворюваннями за даними Фонду соціального страхування є захворювання органів дихання, викликані дією різних промислових аерозолів. Це призводить до необхідності розробки нових та удосконалення існуючих ЗІЗОД працівників на основі інноваційних підходів. Даний процес потребує окреслення вимог, які визначають призначення й область використання захисних пристроїв, що може бути також і основою їх класифікації (рис. А.1)

[5; 55; 57; 60; 63; 65; 78, 85-87, 127-129]. Ергономічні показники характеризуються опором диханню, масою та об'ємною часткою діоксиду вуглецю у підмасковому просторі. Відзначимо, що особливу увагу на відповідність засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) ергономічним вимогам приділено в ДСТУ 7239:2011 «Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація» [9], де в п. 5.3 вказано, що всі ЗІЗ мають відповідати вимогам ергономіки та дизайну.

Коефіцієнт низького проникнення дисперсних частинок крізь фільтри або лицеві фільтрувальні частини ЗІЗОД забезпечуються за рахунок використання високоефективних багатошарових фільтрувальних матеріалів: їх тип підбирають залежно від класу респіратор (маски) та умов його використання (р.2.1). Коефіцієнт підсмоктування виражає долю дисперсних частинок, які проникли через нещільності смуги обтюрації ЗІЗОД або клапанної системи (р.2.2). Він залежить від декількох параметрів. Зокрема, конструкції обтюратора, наголів'я та клапанів видиху і вдиху (за наявності), носового затискача. Основна проблема – це неможливість забезпечення надійного відокремлення органів дихання від шкідливого середовища через різну антропометрію обличчя працівників та змінення міміки під час різних рухів та розмов. Одним з ефективних способів вирішення цього питання є виготовлення масок (півмасок) зі спеціальним каркасом, який за рахунок змінення своєї геометрії буде зберігати задану форму лицевої частини у різних типів обличчя та достатню площу смуги обтюрації під час розмов та рухів голови. Зауважимо, що деякі виробники пропонують каркас використовувати і для захисту фільтра від впливу різних шкідливих чинників. Також для підвищення щільності прилягання півмаски до обличчя, обтюратор підсилюють повністю або частково (в області перенісся) додатковим ущільнювачем з пінополіуретану, м'якого каучуку або силікону. Ще одним елементом, від якого залежить герметичність півмаски, – це наголів'я, яке повинне рівномірно розподілити притискні зусилля за площею обтюратора. Його завдання – зберегти необхідне зусилля після кілька разового знімання

півмаски. Між іншим воно відповідає за комфортні відчуття у носінні респіратора. Високі захисні властивості легких респіраторів неможливо забезпечити без використання відповідної якості клапанів видиху. Вони вирішують важливе завдання – зменшують наявність вологи у підмасковому просторі. Існують пелюсткові клапани, які монтують для можливості використання півмаски з оглядовими щитками, щоб уникнути їх употівання.

Як вже нами зазначено вище, для мінімізації опору дихання сучасний фільтр здебільшого складається з трьох шарів фільтрувальних матеріалів: перший – виконує функції захисту півмасок від механічних пошкоджень, характеризується низьким опором диханню. Його призначенням є видаляти з повітряного потоку аерозольні частинки великих розмірів. Другий – фільтрувальний, очищує повітря від різних аерозолів за типом і розміром. За його характеристиками визначається клас фільтра або півмаски. Третій – каркасний або волого поглинальний, забезпечує комфортні умови у використанні, сприяє зменшенню зростання опору повітряному потоку основного фільтра через потрапляння на нього вологи. Отже, якісна протипилова фільтрувальна півмаска здебільшого складається: з багатошарового фільтру, який покриває практично всю лицеву частину; обтюратора, що може змінювати форму залежно від антропометричних відмінностей; надійного простого наголів'я та якісних клапанів видиху. Як приклад можна розглянути конструкцію відомої протипилової півмаски «Сніжок» KFFP2 [55], яка складається зі спеціального каркасу із розташованим вузлом клапану видиху, а також накладеним змінним багатошаровим протипиловим фільтрувальним елементом. Фіксація фільтра на каркасі відбувається “стягуванням” на його внутрішній поверхні еластичного шнура, який розміщено за периметром. Тим самим утворюється обтюратор, конструкція якого за рахунок відповідної геометрії та пружності каркасу, здатна урахувати антропометричні особливості обличчя. До особливостей даної конструкції також віднесемо наявність додаткового фільтрувального шару – форфільтру для збільшення пиломісності. Його структура утворює так званий

автофільтрувальний шар, тим самим значно збільшується термін захисної дії та забезпечується надійний захист.

2.3.1. Механізми прогнозування надійного захисту органів дихання під час загроз та забезпечення споживачів ефективними засобами

Отже, питання надійності захисту органів дихання, особливо під час пандемії, вимагає більш поглибленого вивчення ефективності фільтрації через маски і механізми проникнення аерозолів. У такій ситуації для захисту населення ефективним рішенням є індивідуальне стримування зараження шляхом використання високоефективної маски. Попередніми дослідженнями визначено, що технічні характеристики ефективності визначаються властивостями фільтруючих матеріалів, які використовуються в масках. Загалом на фільтруючу здатність маски впливають специфікації фільтра маски та зовнішні фактори. Маски завжди згадувалися як ефективний засіб боротьби з екологічними загрозами. Вони вважаються захисним обладнанням для захисту дихальної системи від небажаних повітряних крапель і аерозолів. Ефективність фільтрації різних масок проти цих аерозолів неоднакова, оскільки частинки мають різні розміри, форми та властивості. Тому завдання полягає у виготовленні фільтраційної маски з вищою ефективністю для зменшення відсотків проникнення в найгірших умовах. Для реалізації цієї концепції необхідні знання про механізми проникнення аерозолів через різні типи масок в різних ефективних умовах середовища.

З метою систематизації розглянемо ефективність фільтрації та проникнення аерозолів крізь шари матеріалів у відомих різновидах масок [337]. Відомо, що основна тканинна маска для обличчя є найпростішим типом маски, який можна використовувати під час важких періодів. Під час респіраторної пандемії через дефіцит або недоступність фільтруючих респіраторів для обличчя, деякі люди можуть віддавати перевагу використанню тканинних виробів для респіраторної безпеки [224]. У Додатках (рис. А.30, А.46-А.55, А.57-А.68, А.126, табл. А.1-табл. А.3) представлено

різновиди зображень зовнішнього вигляду основних тканинних масок – вони закривають ніс і рот користувача; використовуються як фізичні бар'єри для рідин і твердих частинок з певною ефективністю [237; 302].

Хірургічна маска для обличчя спочатку була призначена для захисту користувача у клінічних умовах, але вона не дуже допомагає захистити від поширення респіраторних захворювань [104; 122; 237]. Хоча маски не є абсолютним методом захисту, вони мають щиток, який захистить користувача від потоку рідини та аерозолів [242]. Комерційні хірургічні маски для обличчя зазвичай мали тришарову структуру. Середній шар є фільтруючим матеріалом, тої як внутрішній шар призначений для поглинання вологи, а зовнішній шар відштовхує воду [368].

Однак планарна маска має нижчий рівень захисту, тому при виборі маски планарного типу в забрудненому повітрі необхідно ретельно враховувати відчуття комфорту та рівень захисту [368]. Через умови експлуатації маски та високу вологість і температуру, створювану під час циклу дихання, це призведе до утворення пари в масці, і цей процес прискорить механізм проникнення та швидшого поширення мікроорганізмів у внутрішній простір маски. Моделювання та чисельні дослідження розглядають це явище як фізичний процес теплообміну та масопереносу в пористих матеріалах [7; 21; 24; 25; 45]. Отже, через значний і важливий вплив зовнішніх факторів на продуктивність фільтрації, має високий статус визначення механізму фільтрації – тільки прояснивши та зрозумівши його, можна буде покращити дизайн та конструкцію маски для підвищення ефективності фільтрації.

Щиток для захисту органів дихання являє собою різновид легкої та недорогої маски, яка складається з еластичних пов'язок через голову та прозорого жорсткого полімерного щитка для обличчя на всю довжину (рис. А.69-А.70, А.75-А.76, А.127). Прозора частина в більшості випадків виконана з полікарбонату. Він функціонує як щит для захисту частин обличчя від прямого контакту бризок рідини з інфекційних хворих.

Фільтруючий масковий респіратор N95 належить до типу масок FFR, не є маслостійким; також відомі як електретні фільтри. Різновиди таких масок-респіраторів (N95, P100, FFP2, FFP3, KN95 тощо) допомагають в очищенні повітря і знижують ризик зараження власника в забрудненій зоні. На рис. А.128 наведено ілюстрацію схематичного зображення маски N95 з різними шарами. Респіратор N95 також має різні типи, такі як хірургічний респіратор N95 з більшою ефективністю за стандартний N95. Як видно з рис. А.128, він складається з чотирьох основних шарів, які включають внутрішній шар, опорний шар, фільтруючий шар і масковий фільтрувальний шар зсередини назовні. Крім того, на зовнішньому шарі N95 вбудований вентилятор для покращення дихання [294].

Як обговорювалося в розділі тканинних масок, S. Rengasamy, et al. [302] вказали, що проникаюча здатність тканинних масок перевищує N95, і це означає, що носіння тканинних масок не матиме великого ефекту. Однак, респіратори N95 мають кращі характеристики в порівнянні з респіраторами проти пилу/туману (DM), пилу/диму/туману (DFM) і несертифікованими хірургічними масками.

Існують дослідження порівняння ефективності респіраторів N95 і P100 [337]. Так, респіратор FFR N95 не відповідав критеріям: створення опору диханню та надмірне утримання вологи під час фізичних вправ; існує ризик зміни форми маски. У цьому відношенні жорсткі FFR, такі як FFR P100, можуть зберігати свою форму при вологості та високій температурі порівняно з N95 [221].

Сьогодні надзвичайною є роль нановолокон в масці – D. Kharaghani, et al. [219] розробили та об'єднали нановолокна поліакрилонітрил зі сріблом (PAN/AgNP) для створення мембрани з високодисперсними наночастинками срібла [16; 48, 58; 75; 76; 81], яку можна прати, щоб створити ієрархічно організовану антибактеріальну маску, здатну забезпечити уникнення двостороннього впливу бактерій від людини до середовища та середовища до людини.

Полімери, що використовуються в масках, здатні захистити від проникаючих частинок аерозолів для умов роботи медичного персоналу, який не відноситься до групи високого ризику та не перебуває в тісному контакті з хворими. Це матеріали з поліефірно-віскозного волокна, поліпропілену, поліетилену, поліефіру, поліаміду, полікарбонату, скловолокна, паперу. Поліпропіленові (PP) маски та хірургічні маски з поліпропіленовою ізоляцією зображено на рис. А.129. PP волокно використовується завдяки невбираючим властивостям основи, а ефективністю запропонованої маски стали додатково оброблені PP волокна; зазвичай використовується для різноманітних промислових застосувань завдяки своїй низькій вартості, здатності до обробки, можливості друку, повторної переробки та механічних навантажень. З іншого боку, SEBS (стирол-етиленбутиленстирол) є полімерним еластомером, який має низьку температуру обробки та низьку деформацію під час екструзії. Таким чином, комбінація PP/SEBS може підвищити технологічність 3D-друкованих масок N95. Крім того, він може контролювати співвідношення термопластичного еластомеру, підлаштовуючи гнучкість і еластичність матеріалу

2.3.2. Потенційні прототипи та адаптивні пропозиції у створенні вітчизняних сучасних засобів захисту органів дихання інноваційними методами

Розглянемо наведені пропозиції щодо створення інноваційних технологій проектування та виготовлення масок. На рис. А.130 показано потенційний прототип тривимірної маски N95 [202] Згідно з дослідженням S. Ishack, S.R. Lipner [202], представлений респіратор N95 складається з різних частин, таких як затискач для носа, поролон для носа, ущільнювач для обличчя, ремінці та клапан видиху. У результаті процедури адитивного 3D-друку можна створювати стабільні та біосумісні маски N95, які можна поівняти з масками промислового виробництва Разом з тим, D. Provenzano, et al. [291], запропонували нову модель на основі респіратора, розробленого з

PLA (нитка принтера), знімного ковпака, знімного блоку фільтрації. A. Yang, et al. [366] удосконалили використання нановолокна на нанопористому політилені (волокно/наноПЕ), де нановолокна з міцною адгезією твердих частинок. G.R. Swennen, et al.[334] продемонстрували створення багаторазової маски для обличчя за допомогою 3D-друку на основі матеріалів і методів (3D-зображення та 3D-друк). Ця тривимірна захисна маска для обличчя складається з двох поліамідних композитних компонентів багаторазового використання (лицева маска та опорна фільтруюча мембрана) та двох одноразових компонентів (фіксує стрічка для голови та фільтруюча мембрана), надрукованих на 3D-принтері. 3D-моделювання цих масок можна швидко виконати, скориставшись перевагами автоматизованого проєктування. Слід зазначити, що тестування на витік і вірусологічне тестування ще не проводилося, хоча воно є важливим перед його використанням у реальних ситуаціях.

M. Cai, et al. [123] запропонували нову технологію для покращення комфорту носіння та підгонки для тих, хто носить FFR, шляхом сканування обличчя за допомогою методу тривимірного лазерного сканування. Для виготовлення прототипів лицьової печатки використовується акрилонітрил-бутадієн-стирол пластик методом адитивного друку. Також для покращення комфорту у користуванні та щільності прилягання маски для забезпечення обтюрації, запропоновано маски з перехрещеними ремнями (рис. А.131), забезпечуючи найвищу фільтрацію та захист.

Отже, сьогодні тришарові маски є найбільш ефективні у медичному використанні. Центри CDC визнали, що ефективність хірургічних масок у профілактиці SARS-CoV-2 набагато вища, ніж тканинних масок [191], а під час пандемії (BOO3) підтвердила, що передача SARS-CoV-2 відбувається трьома основними шляхами: краплинами респіраторної рідини, прямим контактом та аерозолем [164; 336]. Дослідниками Eikenberry S.E., et al., O'Dowd K., et al., Tang S., et al. продемонстровано, що використання масок або респіраторів запобігає передачі COVID-19 усіма вищезазначеними шляхами

[273]. Це призвело до виробництва комерційних медичних масок (включаючи хірургічні маски, маски N95, щитки для обличчя) і саморобних тканинних масок, а також їх використання для заходів контролю громадського та особистого здоров'я в найбільшому масштабі вперше в історії людства.

Медичні маски, як відомо, використовуються широкою громадськістю в усьому світі, зокрема в країнах Східної Азії, в Японії, Китаї, Південної Кореї, В'єтнамі [204]. Сьогодні найпопулярніший тип медичних масок на ринку складається з трьох шарів: двох шарів нетканого поліпропіленового полотна спанбонд (зовні) і фільтруючого шару з нетканого поліпропіленового полотна, отриманого з розплаву (всередині) [159]. Дослідницька група підтвердила, що хірургічні маски є другим за ефективністю типом масок для захисту від інфекції SARS-CoV-2, а маски N95 є найефективнішими [253]. 5 січня 2022 року ВООЗ надала повний опис ідеальної структури хірургічної маски: вона повинна складатися з трьох шарів синтетичних нетканних матеріалів і мати конфігурацію фільтруючих шарів, затиснутих посередині. Залежно від товщини шарів, хірургічні маски відрізняються за рівнем стійкості до рідини та фільтрації, яку вони забезпечують. Таке визнання ефективності тришарової хірургічної маски є обнадійливим, але внесок кожного шару цієї конструкції у (залежний від розміру частинок) опір продуктивності фільтрації залишається неясним. Han Z., et al. Було проведено експериментальну роботу та чисельне моделювання для вивчення ролі кожного шару маски у залежній від розміру частинок фільтрації та опорі дихання (рис. А.133) [191]. Отримані результати можуть полегшити раціональне проєктування масок з точки зору кількості шарів і структурного дизайну. Як показано на рис. А.133, розташування волокон у масці було випадковим; тому створити гексаедральну сітку для чисельного моделювання стало важко досягти. Це впливає на подальший дизайн маски. Виходячи з цієї існуючої проблеми, дослідниками Han Z., et al. було проведено порівняльний експеримент і моделювання, щоб виявити, як тришарові хірургічні маски запобігають передачі SARS-CoV-2. За методикою SEM досліджено комерційну хірургічну маску для дослідження

мікроструктури та розподілу шарів у масці з поліпропіленового нетканого матеріалу (виготовленого прядінням) і нетканого поліпропіленового матеріалу (виготовленого з розплаву). На цій основі були побудовані 3D-обчислювальні моделі для виконання розрахунків. Чисельне моделювання було перевірено шляхом порівняння експериментальних результатів у цьому дослідженні та теоретичних роботах інших дослідників.

Представлені дослідження закордонних науковців свідчать про те, що сьогодні проектування будь-яких дизайн-систем, а також окремих дизайн-об'єктів потребує застосування знань з програмування, чисельного моделювання, матеріалознавства та їх колаборації з іншими дотичними напрямками наукових досліджень. Таке поєднання та інтеграція вимагає створення тривимірних проєктних моделей, а також розробку загальних додатків у віртуальних 3D-середовищах та алгоритму проєктування інноваційних дизайн-продуктів з метою подальшого впровадження у сучасні практики дизайн-діяльності.

Також вище доведено, що ефективність захисту людини в масці залежить від деформації маски під час використання. Тому доречними є також випробування на пропускання частинок у шарах матеріалів маски в зв'язку з деформаційними властивостями під механічними навантаженнями [300]. Отже, масовий спалах змусив усі країни вжити заходів для стримування та пом'якшення передачі вірусу, фізичному дистанціюванню [300]. Рентгенівські елементні аналізи показали контрастні структури між випадковими та впорядкованими орієнтаціями волокон у матеріалах шарів масок (рис. А.133-А.139). Вони являють собою конструкції масок, де трансмісія повинна бути зведена до мінімуму. Вимірювання швидкості повітряного потоку дозволило виміряти фільтрацію між різними конструкціями масок, від двох до шести шарів різних тканин у комбінації. SEM надав діаметр волокон та розмір пор кожного шару маски, максимум до шести.

Збільшення попиту на маски для обличчя також призвело до дефіциту комерційних поставок. Тому, щоб усунути цю нестачу, люди почали

виготовляти саморобні тканинні маски з доступних тканин. Систематизація засобів індивідуального захисту органів дихання за принципом дії наведено на рис. А.140 [35; 223]. Сьогодні найпоширенішими виявляються ЗІЗОД, призначені відповідно до визначення ДСТУ [9-14]. Обов'язкове носіння масок передбачає необхідність більш чіткого погляду на їх нормативне застосування. Так, «хірургічна маска для обличчя стала символом нашого часу» (рис. А.31) [177]. У березні 2020 року такий заголовок з'явився в газеті New York Times у статті про роль масок для обличчя під час спалаху COVID-19. Це стало найновішим проявом використання масок для обличчя, які для таких цілей використовувались ще з часів середньовіччя.

Проведений аналіз за різними ознаками щодо ефективного захисту, конструктивного устрою, ергономіки, обтюрації надав змогу систематизувати основні різновиди сучасних засобів захисту органів дихання. Підсумовуючи вищезазначене, окреслімо тут основні типи захисних масок/респіраторів для виготовлення у відповідності до функції призначення. При цьому, естетична складова регулюється тільки стандартом ДСТУ EN 980:2007 [13], що передбачає нанесення необхідних графічних позначок, які несуть в собі важливу інформацію про можливість повторного використання, термін придатності, стерильність/нестерильність виробу, температурні обмеження та інше. Інші естетичні аспекти, що не виконують інформаційну функцію, зазвичай залишаються поза увагою розробників, що на нашу думку є значним упущенням. Захисні маски часто відіграють одну з головних ролей при сприйнятті образу людини, що їх використовує. За рахунок використання певної зовнішньої форми, наявності/відсутності внутрішніх членувань, вибору кольорового та фактурного рішення тощо, захисна маска для обличчя здатна впливати на формування цілісного образу її носія, розширюючи свої функції до комунікативних зі збереженням першочергових та функціонально обумовлених. Це дає підстави вважати, що естетичні аспекти, що в більшості виробів вважаються не значущими у виробництві, все ж таки залишаються вагомими показниками якості та конкурентоспроможності багатьох дизайн-

продуктів, в тому числі захисних масок багаторазового та повсякденного використання.

Для базового аналізу функціональних, конструктивно-технологічних та художньо-композиційних особливостей виробів, нами обрано захисні маски різних типів, включаючи медичні (спеціалізовані, процедурні), професійні (респіраторні, РІТТА) та маски для повсякденного використання (РІТТА, саморобні маски). Серед складових маски захисної «Carbon Guard» [62] виробництва ТОВ «Інноваційна Компанія «Базальтові Технології» (Україна), основною є суцільнокроєна деталь, що має верхній та нижній краї овальної форми, бічні – прямолінійної. Об'ємна форма моделі утворюється завдяки складкам, що виходять із бічних країв. Виріб містить три шари різних матеріалів, з яких верхній та нижній – лляна тканина, прокладковий – вуглецева з абсорбційними властивостями. Середній шар настрочений на нижній посередині вертикально двома поздовжніми швами, між якими вставлено каркасний елемент із металевого дроту для утворення об'єму, що забезпечує формостабільність чашоподібної форми. Фіксація на голові здійснюється за допомогою еластичної тасьми з фіксатором, що кріпиться нитковим способом до припуску шва бічних країв. Кінці еластичних тасьм пришиті до одного бічного краю та вільно рухаються в припуску іншого краю, що забезпечує зручність при одяганні виробу на голову. Верхня еластична тасьма фіксується на голові, нижня – на шиї. Носовий затискач (носова притискна пластинка) виготовлений з металевого дроту та розташований посередині верхнього краю маски, закріплений в припуск шва. Колір матеріалу маски оливковий. Всі деталі виробу з'єднані нитковим способом (табл. 1).

Таблиця 1

Характеристика медичної та захисної масок

Ознака		Характеристика масок за різними ознаками	
Модель		Carbon Guard	АНЦ
Зовнішній вигляд			
Виробник, країна		ТОВ «Інноваційна Компанія «Базальтові Технології», Україна	ТОВ (КОВ) «Ханчжоу Роллмед», Китай
Форма		трансформується, чашоподібна	трансформується, прямокутна
Формоутворення		складки, каркасний елемент	складки
Фіксуючі елементи	На голові	еластичні тасьма із фурнітурою-фіксатором, що кріпляться на голові	еластичні тасьма, що кріпляться на вухах
	На носі	носовий затискач	носовий затискач
Розміщення еластичних тасьм		верхня і нижня, суцільна	права і ліва
Форма бічних країв		прямолінійна	прямолінійна
Форма верхнього краю		овальна	прямолінійна
Форма нижнього краю		овальна	прямолінійна
Обробка країв		застрочування з закритим зрізом	зварювання
Матеріали (шари)		верхній шар – льняна тканина прокладковий – вуглецева тканина з абсорбційними властивостями нижній – льняна тканина	верхній шар – поліпропіленове неткане полотно прокладковий – спанбонд нижній – поліпропіленове неткане полотно
Кольорова гама		хакі, зелена, болотна, графічні позначки нанесені сірою фарбою на окремі чорні ярлики	жовта, графічні позначки виконані тисненням
Спосіб з'єднання деталей		нитковий	зварювальний

Модель захисної хірургічної маски «АНЦ» [60] виробництва «Ханчжоу Роллмед» (Китай) має основну суцільнокроєну деталь прямокутної форми. Верхній, нижній та бічні краї прямолінійні. Виріб має три складки, які закладені у бічних краях. Тришарова маска виготовлена із різних матеріалів, де верхній та нижній шари – поліпропіленове неткане полотно, прокладковий – спанбонд. Дві окремі еластичні тасьми закріплені на бічних краях та

фіксуються на вухах. Носовий затискач виготовлений з металевго дроту та розташований у верхньому краю виробу, розміщений між шарами та закріплений двома паралельними швами в прямокутній ніші. Матеріал маски має білий, жовтий та сині кольори. Всі деталі моделі з'єднані зварним способом (табл. 1).

Респіратор «JSP Martcare FFP2 BEG120-001-B00» [251] корпорації «3М» має суцільну об'ємну чашоподібну форму, що виготовлена спіканням/термоформуванням. Впливає на ергономічність, забезпечуючи постійний об'єм повітряного простору перед обличчям без використання каркасних елементів. Бічні та нижній краї виробу – овальної форми, верхній край – краплеподібної. Модель виготовлена з двох шарів поліпропіленового матеріалу, що забезпечує фільтрацію та формостійкість. Виріб має чотири отвори по центру маски, які формують квадрат та не є наскрізними. Носовий затискач відсутній, а його функцію виконує ущільнювач (nose seal) на внутрішній стороні маски із нетканого матеріалу, з'єданого зварювальним способом. Фіксація виробу на голові здійснюється за допомогою верхньої та нижньої еластичних тасъм, що кріпляться на голові та шиї. Основний колір матеріалу – білий, графічні позначки нанесені синім кольором. Всі деталі моделі з'єднані зварним способом (табл. 2).

Основна деталь «8812» моделі респіратору корпорації «3М» (Китай) [339] являє собою суцільну чашоподібну форму і має клапан видиху, якій також при тривалому використанні завдяки зменшенню опору дихання забезпечує достатню вентиляцію підмаскового простору. Верхній, нижній та бічні краї основної деталі – овальні. Маска складається з двох шарів матеріалів – поліестеру та поліпропілену. Верхня та нижня еластична тасьма виготовлені із поліізопрену, закріплені металевими скобами на основі (shell) виробу, фіксуються на голові та шиї. Носовий затискач приклеєний до зовнішньої частини маски, на внутрішній частині виробу приклеєна поліуретанова стрічка-ущільнювач для збільшення щільності прилягання до обличчя. Основний колір матеріалу – білий, графічні позначки нанесені сірим

кольором. Всі деталі моделі з'єднані зварним способом, окрім еластичних тасьм, закріплених скобами (табл. 2).

Таблиця 2

Характеристика масок-респіраторів 3М

Ознака		Характеристика масок за різними ознаками	
Модель		JSP Martcare FFP2 BEG120-001-B00	8812
Зовнішній вигляд			
Виробник, країна		Корпорація 3М, Китай	Корпорація 3М, Китай
Форма		стала, чашоподібна краплеподібна	стала, чашоподібна кругла
Формоутворення		зварювання, спікання/термоформування	зварювання, спікання/термоформування
Фіксуючі елементи	На голові	еластичні тасьма закріплені зварювальним способом	еластичні тасьма закріплені скобами
	На носі	матеріал на внутрішній стороні маски	носовий затискач, поліуретанова стрічка-ущільнювач на внутрішній стороні маски
Розміщення еластичних тасьм		верхня і нижня	верхня і нижня
Форма бічних країв		овальні	овальні
Форма верхнього краю		краплеподібна	овальна
Форма нижнього краю		овальна	овальна
Обробка нижнього та верхнього краю		зварювання	зварювання
Матеріали (шари)		поліпропілен	поліестер/поліпропілен
Кольорова гама		біла, графічні позначки сині	біла, графічні позначки сірі, еластичні тасьма жовтого кольору
Клапан		відсутній	квадратний, розташований по центру
Додаткові елементи		4 глухі отвори по центру маски	відсутні
Спосіб з'єднання деталей		нитковий	зварювальний

Респіратор без клапана «3M VFLEX FFP1 9101» корпорації 3M [339] має суцільнокроєну основну деталь складної форми з V-подібною конструкцією зі складками. Верхній і нижній краї прямокутні, при використанні верхній край приймає/трансформується в трикутну форму, нижній – овальну, бічні краї відсутні. V-подібні складки згинаються разом із рухами рота, полегшуючи спілкування, і розтягуються, полегшуючи дихання, що значно впливає на ергономічність, збільшуючи комфорт при тривалому використанні. Маска виготовлена з одного шару поліпропіленового матеріалу, який забезпечує необхідну фільтрацію та гнучкість конструкції. Еластичні тасьма, що закріплені скобами на верхній частині маски, фіксуються на голові та шиї. Модель має носовий затискач, запаяний між шарами, та внутрішню складку, забезпечуючи кращу обтюрацію. Виріб має білий колір, графічні позначки нанесені сірим кольором. Всі деталі моделі з'єднані зварним способом (табл. 3).

Маска захисна «Напівмаска Мікрон FFP3 NR (K)» виробництва ТОВ «Мікрофільтр» (Україна) [338] має суцільнокроєну W-подібну плоскоскладану форму основної деталі з вертикальним осьовим швом (типу С), що розкладаються при надяганні, забезпечуючи компактність при зберіганні. Форма нижнього та бічних країв овальна, верхній край трикутний. Маска має клапан видиху для комфортного дихання та вентиляції підмаскового простору. Виробник не вказав використання матеріалів для виготовлення маски, що дозволяє варіювати асортимент відповідно до належних властивостей функції призначення. Виріб має по два розташованих на бічних сторонах отвори, крізь які протягнуте еластичне тасьмо, що фіксується на шиї та голові. Носовий затискач закріплений зварюванням на верхній частині маски, а на внутрішній частині маски закріплена склеюванням поліуретанова стрічка для кращої обтюрації. Матеріал має суцільний білий колір, носовий затискач та клапан червоного кольору, графічні позначки нанесені сірим кольором. Деталі моделі з'єднані комбінованим способом (зварним, клейовим) (табл. 3).

Таблиця 3

Характеристика респіраторів 3М та Мікрон

Ознака		Характеристика масок за різними ознаками	
Модель		VFLEX FFP1 9101	Мікрон FFP3 NR (K)
Зовнішній вигляд			
Виробник, країна		Корпорація 3М, Китай	ТОВ «Мікрофільтр», Україна
Форма		трансформується, V-подібна	трансформується, V/C-подібна
Формоутворення		шви зварювальним способом	шви зварювальним способом
Фіксуючі елементи	На голові	еластичні тасьма	еластичні тасьма
	На носі	носовий затискач, внутрішня складка на верхній половині маски	носовий затискач, ущільнювач
Розміщення еластичних тасьм		верхня і нижня (зверху маски)	верхня і нижня, суцільна
Форма бічних країв		відсутні	овальні
Форма верхнього краю		трикутна	трикутна
Форма нижнього краю		овальна	овальна
Обробка нижнього та верхнього краю		зварювання	зварювання
Матеріали (шари)		поліпропілен (електретний фільтр), двошаровий	багатошаровий
Кольорова гама		біла, графічні позначки сірі	біла, графічні позначки сірі, зовнішні елементи мають червоний колір
Клапан		відсутній	колоподібний, розташований в правому нижньому куті
Спосіб з'єднання деталей		зварювальний	зварювальний

Основна деталь респіратора «Пелюстка» ТОВ «СпецПром-КР» (Україна) [63] складається з однієї суцільнокроєної деталі у формі кола. Із внутрішньої сторони розміщено странгулятор, що зафіксований по всьому периметру припусками основної деталі та зав'язується за допомогою еластичної тасьми. Маска складається з трьох шарів різних матеріалів, де зовнішній шар та внутрішній – марлева тканина, прокладковий – «Елефлен-5С» для забезпечення фільтрації при використанні. Марлеві тасьми приварені між шарами нетканих

матеріалів та фіксуються/зав'язуються на голові. Носовий затискач розташований у верхній частині маски в припуску шва і забезпечує щільне прилягання у носовій області. На внутрішній частині маски розміщено пластиковий каркасний елемент для підтримання форми, він забезпечує стабільність конструкції та утворення повітряного простору перед обличчям. Кольори виробу білий, жовтий, синій. Деталі моделі з'єднані комбінованим способом (зварним та нитковим) (табл. 4).

Таблиця 4

Характеристика різновидів масок-респіраторів

Ознака		Характеристика масок за різними ознаками	
Модель		«Пелюстка»	A-200 П-ЗК
Зовнішній вигляд			
Виробник, країна		ТОВ «СпецПром-КР», Україна	ТОВ «Респфарм», Україна
Форма		трансформується, кругла	трансформується, чашоподібна
Формоутворення		шви, еластичне тасьмо по периметру, пластмасовий каркасний елемент	зварювання, еластичне тасьмо по периметру
Фіксуючі елементи	На голові	марлеві тасьми закріплені зварюванням	еластичні тасьми через отвори
	На носі	носовий затискач	носовий затискач
Розміщення тасьм		ліва і права	верхня і нижня, еластична
Форма бічних країв		круглі	круглі
Форма верхнього краю		кругла	кругла
Форма нижнього краю		кругла	кругла
Обробка нижнього та верхнього краю		відкриті шви	зварювання
Матеріали (шари)		зовнішній та внутрішній шари - марлева тканина, прокладковий - фільтр «елефлен-5с»	багатошаровий
Кольорова гама		біла, жовта, синя	біла, графічні позначки червоні, сині
Клапан		відсутній	розташований по центру у формі кола
Додаткові елементи		еластична стрічка по зовнішньому периметру	еластичне тасьмо по зовнішньому периметру
Спосіб з'єднання деталей		зварювальний	зварювальний

Респіратор «А-200 П-3К» [63] ТОВ «Респфарм» (Україна) має суцільнокроєну деталь у формі кола, яка стягнута по її периметру еластичною тасьмою і утворює при цьому чашоподібну форму. Всі краї виробу круглі, странгулятор змінної геометрії стягується по всьому периметру. Виріб оснащено клапаном видиху для комфортного дихання. Маска має пластикову підпірку форми вісімки, яка підтримує її форму, забезпечуючи постійний об'єм повітряного простору перед обличчям. Виробник не вказав використані матеріали для виготовлення маски, що дозволяє варіювати асортимент відповідно функції призначення та терміну використання. Носовий затискач закріплений в припуску шва та забезпечує щільне прилягання у верхній частині. Еластичні тасьми протягнуті крізь отвори та фіксуються на голові та шиї, забезпечуючи кріплення. Матеріал має суцільний білий колір, графічні позначки нанесені синім кольором. Всі деталі моделі з'єднані зварним способом (табл. 4).

Маска захисна «Smile Protecto» [325] ТОВ «СТЕК» (Південна Корея) складається з трьох частин – верхньої центрально та нижньої. Має подовжену конструкцію з центральним згином, яка під час використання розгортається, створюючи повітряний мішок. Завдяки цьому конструкційному рішенню, маска не торкається безпосередньо до рота і носа, що полегшує дихання і зменшує накопичення вологи. Бічні краї складної форми, верхній та нижній – овальної, під час використання верхній край приймає трикутну форму, повторюючи контури носа. Маска складається з комбінації матеріалів: поліестеру та поліпропілену, що забезпечує ефективну фільтрацію та формостійкість. Еластичні тасьми із поліізопрену закріплені на бічних краях зварюванням та фіксуються на вухах. Носовий затискач закріплений зварюванням у ніші між шарами у верхній частині маски, збільшуючи щільність прилягання до обличчя. Має закритий прозорим матеріалом отвір на рівні рота споживача, покращуючи/забезпечуючи можливості спілкування. Виріб має білий, сірий, чорний та синій варіанти кольорів. Всі деталі моделі з'єднані зварним способом (табл. 5).

Таблиця 5

Характеристика різновидів захисних масок

Ознака		Характеристика масок за різними ознаками	
Модель		Smile Protect	Маска захисна
Зовнішній вигляд			
Виробник, країна		ТОВ (КОВ) «СТЕК», Південна Корея	Україна
Форма		трансформується, овальна (fish)	трансформується
Формоутворення		носовий затискач	шви
Фіксуючі елементи	На голові	еластичні тасьми закріплені зварюванням	еластичні тасьми закріплені швами
	На носі	носовий затискач	відсутній
Розміщення еластичних тасьм		ліва і права	ліва і права
Форма бічних країв		складної форми	прямокутні
Форма верхнього краю		овальна (з наявними кутами)	овальна (з наявними кутами)
Форма нижнього краю		овальна (з наявними кутами)	овальна (з наявними кутами)
Обробка нижнього та верхнього краю		зварювання	закриті шви
Матеріали (шари)		тришаровий нетканий матеріал поліпропілен	двох шаровий тканий матеріал
Кольорова гама		біла, чорна, сіра, синя	сіра
Клапан		відсутній	відсутній
Додаткові елементи		прозоре вікно	відсутні
Спосіб з'єднання деталей		зварювальний	нитковий

Маска захисна українського виробництва, з вираженим С-подібним швом, складається з двох частин. Виріб має овальну форму нижнього та верхнього країв та прямокутну – бічних. Маска складається двох шарів тканого текстильного матеріалу. Еластичні тасьми закріплені швами в припусках швів бічних країв виробу та фіксуються на вухах. Носовий затискач відсутній. Всі деталі моделі з'єднані нитковим способом. Матеріал має сірий колір (табл. 5).

Наведений аналіз дозволив систематизувати різновиди складових елементів захисних масок органів дихання з метою запровадження інтегрального підходу при розробці проектних пропозицій; результати аналізу за визначеними ознаками представлено на рис. 1.

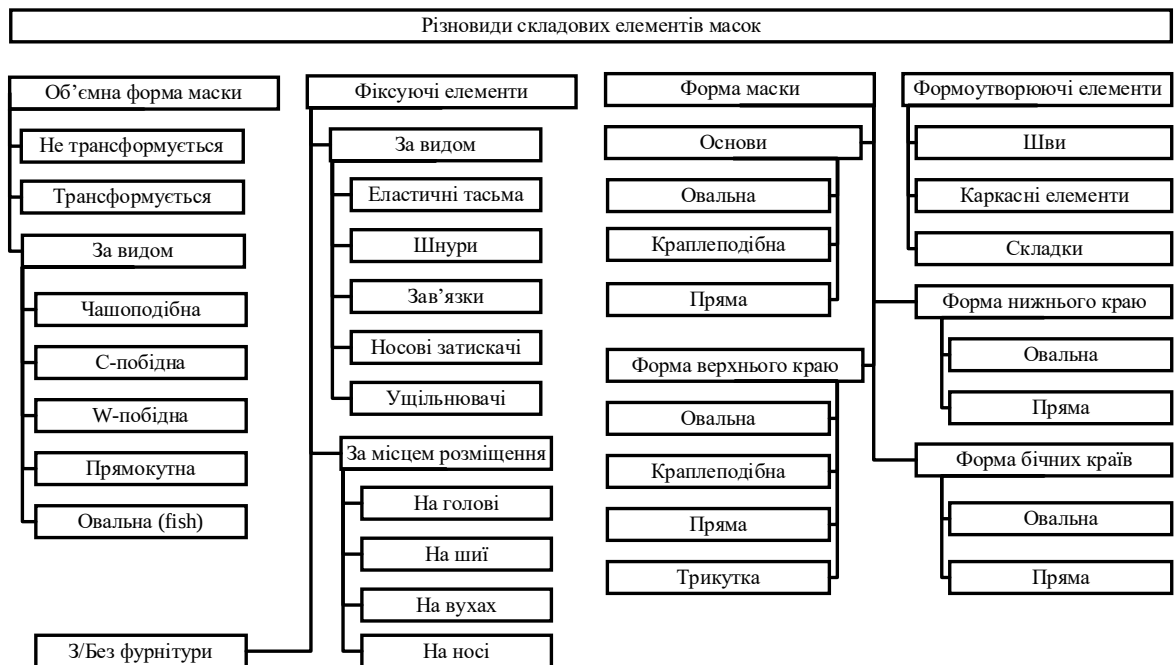


Рис. 1. Систематизація різновидів складових елементів маски

Отже, сьогодні час провокує нові виклики суспільству. Пандемія COVID-19 поклала сферу медичних послуг у центр уваги всього світу. Змушені постійно працювати зі складною хворобою, що швидко розповсюджується, лікарі відчують потребу у більш досконалих ЗІЗ, в тому числі надійних масках та респираторах для захисту органів дихання. Представлена систематизація елементів захисних масок дозволяє обґрунтувати взаємозв'язки вихідних параметрів виробів (об'ємна форма, конструктивні особливості, застосування матеріалів та їх конфекціювання, рішення щодо засобів обтюрації, габаритні розміри, ергономіка та естетика виробу тощо) для створення новітніх інноваційних дизайн-рішень різновидів захисних масок з урахуванням властивостей матеріалів та галузі застосування.

2.4. Вивчення антропометричного розподілу українського споживача для коригування параметрів та ключових точок обличчя у проєктуванні сучасних захисних масок і респіраторів за інноваційними технологіями

Аналіз взаємозв'язку між розмірами обличчя та підгонкою респіратора, а також вивчення впливу антропометрії обличчя на забезпечення ефективної фільтрації респіраторів і масок ретельно розглянуто в параграфі р.2.2. Недостатньо вивченими в літературі й дотепер залишаються, на перший погляд, медичні питання щодо обличчя людини, але вивчення їх суттєво впливає саме на дизайн та технологічні аспекти проєктування ефективних засобів захисту органів дихання [126]. Саме тому, цікавими є дослідження антропометричних особливостей та вимірювання поверхні обличчя з акцентом на ринопластику Brito Í.M., et al., Tollefson T.T., et al. За теоретичними дослідженням лікарів та ствердженням практиків, лицеві пластичні хірурги використовують антропометричні характеристики та вимірювання поверхні обличчя пацієнтів для операцій ринопластики, де першим кроком хірургічного планування є аналіз обличчя, який має вирішальне значення для розробки відповідного плану лікування косметичних або реконструктивних хірургічних процедур [118; 346]. Аналіз обличчя використовує антропометричні дані об'єктів обличчя (тобто точки, площі, площини та лінії) та їх вимірювання (тобто відстані, кути та їх співвідношення). Кожна функція та її вимірювання, які використовуються під час планування операції та оцінки результатів, сприяють їх точності та успішності. Кожна характеристика та її вимірювання також є ще однією точкою даних, яку можна обробити за допомогою комп'ютерних програмних засобів, щоб надати хірургу більш детальний аналіз точок обличчя. Результати аналізу вимірів точок обличчя бувають кількісними та якісними. Така статистика інформаційних даних є найбільш затребуваною для акторів кіно – ринопластика, хірургічне втручання включає вимірні зміни носа, інших ділянок обличчя, має високу можливість проводити активне передопераційне спостереження за допомогою доповненої реальності та подібних інноваційних технологій. Оцінені дані, швидше за все, будуть

спрямовані на ретельне перерахування і розширення списку рис обличчя, а також проведення відповідних вимірювань, беручи до уваги вже загальновідомі прийняті вимірювання та новіші визначення відповідних точок обличчя.

Відповідно до мети та завдань представленого дослідження, за участі автора на кафедрі моди та стилю (ергономіки і дизайну) КНУТД багато років проводяться дослідження щодо антропометричних вимірів тіла людини, а також розмірів голови та точок обличчя для проєктування сучасного одягу, головних уборів, захисних респіраторів і масок. Проводяться системні дослідження щодо обрання респіраторів та інших засобів захисту органів дихання під час виконання аварійно-рятувальних робіт, а також визначення антропометричного розподілу вимірів середньостатистичного українського робітника для підвищення достовірності розрахунку коефіцієнта захисту респіраторів завдяки удосконаленню процедури з лабораторної оцінки коефіцієнту проникнення. Все це стало підґрунтям для проведення досліджень порівняння методики вибору респіраторів на основі методів математичної статистики і статистичного аналізу – для встановлення взаємозв'язків між антропометричними розмірами обличчя користувачів і Шеффілдівського манекену голови, відповідно стандарту ISO 16900-1:2020 [203] та Технічного регламенту [85]. Відомо, що в Україні вибір респіраторів відбувається згідно з вимогами національних стандартів щодо засобів індивідуального захисту органів дихання – актуалізованих та адаптованих світових стандартів [205; 265; 278], навіть дослівний переклад котрих не в повній мірі відображає зміст необхідних випробувань і, головне, в Національних стандартах України не визначені антропометричні розміри обличчя користувачів і Шеффілдівського манекену голови. Одним із важливих показників, який впливає на ступінь захисту фільтрувальних респіраторів, визначають коефіцієнт підсосу (п.7.9.1) [203]. Найважливішими також залишаються питання обтюрації та ергономіки користування респіраторами, масками, напівмасками.

У випадках, коли антропометричні розміри більші або менші обличч користувачів, респіратори не можуть відповідати задекларованому класу захисту. Крім того, відсутність вимог до розмірів Шеффілдівського манекену голови, з використанням якого визначаються коефіцієнти проникнення півмаски згідно пункту 8.11. ДСТУ EN 149:2017 [13] та невідповідність його розміру конструктивним параметрам півмасок, призводить до спотворення результатів лабораторних випробувань респіраторів через зменшення площі фільтрування півмасок внаслідок «провалювання» обличчя або несумісності півмасок з обличчям, відповідно.

Вирішення описаної дилеми, на першому етапі, вбачається в удосконаленні процедур з визначення коефіцієнту проникнення респіраторів з підбору відповідного типу Шеффілівського манекену. Таким чином, нами розглянуто та актуалізоване завдання, яке ретельно вивчено дослідниками [85] щодо визначення антропометричного розподілу середньостатистичного українського споживача для коригування параметрів обличч з метою визначення ефективності захисту півмасок респіраторів за смугою обтюрації чи клапанної системи (за наявності). Крім того, отримані результати антропометричного розподілу дозволить встановити розміри і тип Шеффілдівського манекена голови, що є необхідним для визначення коефіцієнту проникнення фільтрувальної поверхні/фільтрів респіратора. Отримані результати дозволили перевірити захисні властивості респіраторів, охопивши весь спектр антропометричних параметрів обличч, які зустрічаються в нашій країні. Також встановлені розміри довжини, ширини, висоти обличчя (рис. А.141-А.142) дозволяють розрахувати периметр обтюратору півмаски, який забезпечить відповідність її конструкції розмірам обличчя.

Беручи до уваги вимоги стандарту ISO 16900-1:2020 [203] до типорозмірів Шеффілдівського манекена голови (рис. А.143), можна встановити конкретний тип манекена. Тому для визначення коефіцієнта проникнення та розрахунку перемиту обтюратора півмасок для різних типів

обличчя (рис. А.144), бажано використовувати саме такий манекен голови або два манекени – середнього та середнього/широкого розмірів для проведення перевірки фільтрувальних півмасок.

Розглянуті дослідження стали підґрунтям з удосконалення визначення відповідності конструктивних параметрів півмасок респіраторів до антропометричних параметрів обличчя споживачів. Це забезпечує Покращення достовірності досліджень з визначення коефіцієнту захисту ЗІЗОД). На основі встановленого антропометричного розподілу запропоновано підхід з визначення моделі Шеффілдівського манекену голови середньостатистичного українського робітника для визначення коефіцієнту проникнення через фільтрувальну поверхню/фільтр респіратора.

Саме тому, нами запропоновано використання технологій обробки зображень для визначення антропометричних точок обличчя [32]. Доведено, що кількість епідемій постійно змінюється з інтенсивністю «іспанського грипу» 1918-1920 рр. і демонструє систематичні тенденції [249]. Використовуючи нещодавні оцінки темпів зростання кількості захворювань, що виникають із зоонозів, пов'язаних зі змінами в навколишньому середовищі, щорічна ймовірність виникнення екстремальних епідемій може зрости втричі у найближчі десятиліття [32].

Ефективний підбір та використання засобів захисту органів дихання є ключовим моментом у протистоянні пандеміям. Дослідженнями виявлено необхідність кореляції між відсотковим співвідношенням ефективності використання захисних виробів, людей, що носять маски та рівня вірулентності [307]. При цьому, головним фактором в підборі ефективного засобу захисту органів дихання є антропометрія обличчя [249]. Результати дослідження [372] показали, що детальний зв'язок між обличчям і приляганням респіратора дозволяє розробити систему для прогнозування ефективного або неефективного захисту на основі розмірів обличчя (рис. А.145) [169]. Майбутні дослідження включатимуть перевірку валідності моделі та специфічного для респіратора набору вимірювань на різних типах

респіраторів, розширення набору популяції та розроблення інтегрованого підходу з використанням технологій автоматизованого та машинного навчання для інформування про вибір респіратора для працівників певних професій та населення в цілому.

Запропоновану вище частину можна реалізувати за допомогою об'єктно-орієнтованої мови Python через широкий вибір необхідних модулів для обробки зображень: OpenCV, Scikit-Image, Scipy, Python Image Library (Pillow/PIL), Matplotlib, SimpleITK, Numpy, Mahotas. Для прикладу можна використати OpenCV, що має ключові функції для реалізації системи. Використовуючи її разом з модулем math, можна визначити дистанцію до обличчя [333]. Для збільшення точності можна використовувати референсну шкалу на фоні [373]. Це дозволить визначити довжину, ширину обличчя, ширину рота та інші антропометричні характеристики необхідні для вибору ергономічного засобу захисту органів дихання (рис. А.145).

Інтеграція системи з технологіями Інтернету речей (термінали з камерою на базі однопалатних комп'ютерів ARM Orange Pi, Raspberry Pi тощо) і/або використання мобільного додатку зробить технологію зручною та доступною для користувачів. Її використання з хмарними обчисленнями для централізованого збору, аналізу та зберігання статистичних даних про обличчя людей дозволить виробникам пристосовувати хірургічні/медичні маски масового виробництва для середньостатистичного користувача відповідно до регіону та етнічної групи.

На сьогодні повторення масштабних пандемій це не ймовірність, а питання часу, негативний вплив яких можливо зменшити за рахунок використання засобів захисту органів дихання. Їх ефективність залежить не тільки від використаних технологій та матеріалів, а й від ергономічності та обтюрації обличчя у масці. Розвиток комп'ютерних технологій обробки зображень дозволить автоматизувати процес підбору захисту відповідно до антропометричних ознак обличчя людини.

Отже, технології обробки зображень для визначення антропометричних точок обличчя мають широкий спектр застосувань у багатьох галузях, пов'язаних із біометрією, комп'ютерним зором, доповненою та віртуальною реальністю та охороною здоров'я. Для цього слід розглянути побудову, а також протоколи зйомки 3D-сіток обличчя [109], а також знову звернутися до медичних досліджень. Виявлено, що 3D-антропометрія – це ефективний і безпечний метод вимірювання мімічної відстані. Фотограмметрія виконується швидко та неінвазивно, дозволяє проводити вимірювання, хірургічне моделювання та прогнозувати результати; є доступною та економічно доцільною, надає задовільні сітки для планування ринопластики.

При цьому, фотографічний аналіз є ключовим компонентом обстеження осіб, які проходять естетичні процедури обличчя, оскільки він служить візуальним помічником у процесі спілкування та узгодження очікувань між пацієнтом і хірургом [252; 305]. Знання фотографічних шаблонів та естетичного аналізу обличчя дозволяє документувати, оцінювати результати і популяризувати науковий зміст для кращої систематизації інформації. На додаток до фотографічного запису, антропометрична оцінка та оцінка асиметрії обличчя є вирішальною, особливо під час ринопластики, оскільки ніс є центральним органом обличчя і має велике значення для визначення пропорційності. Для цього були розроблені різні методи, такі як пряма і непряма антропометрія, цефалометрія та тривимірна антропометрія [107; 157]. За останню чверть віку спостерігалось збільшення використання 3D-антропометрії, оскільки вона виявилася ефективним і безпечним методом вимірювання розмірів обличчя. У цьому контексті було розроблено кілька неінвазивних технік для отримання топографічних даних поверхні обличчя, включаючи стереофотограмметрію, фотограмметрію та лазерні сканери поверхні.

Стереофотограмметрія складається з використання обладнання для захоплення одночасних зображень з різних позицій і під різними кутами для отримання координат і 3D-реконструкції обличчя за допомогою тріангуляції

шляхом конвергентного розташування камер обладнання (рис. А.146). Як підтверджено в попередніх дослідженнях Lane C., et al.; Van Loon B., et al.; Yip E., et al.; Fourie Z., et al.; Codari M. et al. [140; 175; 232; 355; 371] – це методи з хорошою точністю та відтворюваністю для вимірювання відстаней та об'ємів на обличчі на додаток до можливості отримати текстуру та колір знятого об'єкта. Однак висока вартість обладнання, необхідного для такої техніки 3D-зйомки, є обмежуючим фактором для її популяризації. У фотограмметрії збір даних виконується з послідовності фотографій, отриманих з різних точок зору, що робить його більш доступним для використання в клінічній, хірургічній та науковій практиках.

На додаток до фотографічного запису, антропометрична оцінка та оцінка асиметрії обличчя є вирішальною, особливо під час ринопластики, оскільки ніс є центральним органом обличчя і має велике значення для визначення пропорційності. Тривимірне вирівнювання знятих зображень на основі виявлення накладень і еквівалентних точок дозволяє визначаючи положення та орієнтацію камери відносно сфотографованого обличчя. З цієї орієнтації виконується триангуляція кількох виявлених точок, що дозволяє створити тривимірну геометрію обличчя у формі хмари точок або тривимірної сітки [313; 347; 369]. Цей метод дозволяє швидко і точно отримувати зображення обличчя, дозволяє вимірювати антропометричні параметри для проєктного моделювання та прогнозування результатів [261]. Таким чином можна виконати значну кількість 3D-зображень обличчя (рис. А.147) за допомогою простих у використанні інструментів відкритого доступу; порівняти 3D-сітки, створені за допомогою фотограмметрії, з 3D-сітками комп'ютерної томографії пазухи обличчя, щоб проаналізувати сумісність між 3D-реконструкціями обличчя. Представлені теплові карти (рис. А.147), отримані у результаті порівняння пар із хмарою точок 3D-сітки з абсолютною середньою відстанню у пацієнта чоловічої статі, дозволяють виявити основні проблемні місця обличчя для проведення ринопластики, а також можливі проблеми у ефективному проєктуванні захисних виробів засобів органів

дихання. Саме тому, нами у подальшому (Р3) представлено авторське рішення щодо створення апаратно-програмного комплексу для сканування теплових сигнатур обличчя та створення їх теплових карт [30]. Підґрунтям такої розробки слугувала авторська розробка та побудова IoT-системи для інтелектуального керування температурою приміщення [29].

В цьому контексті потребує дослідження аналіз освітлення та модифікація текстури 3D-сканування людського обличчя [375]. Це пов'язано з тим, що у процесі сканування у комп'ютерному зорі точки обличчя не завжди правильно витягуються з об'єкта, щоб точно відобразити справжні внутрішні ознаки для класифікації. У цьому дослідженні пропонується нова модель освітлення для вирішення цієї проблеми коригування та переоцінки текстури.

Наразі бази даних 3D-обличчя, відскановані, наприклад, за допомогою 3D-кольорових сканерів голови та обличчя Cyberware (рис. А.148) [193], є загальнодоступними та використовуються в багатьох системах розпізнавання обличчя, однією з яких є 3D-база даних USFID людини. Механізм захоплення текстури обличчя, однак, залишається незрозумілим через спеціальні налаштування джерел світла під час сканування. Пряме застосування отриманої інтенсивності текстури як відбивної здатності лицьових поверхонь призводить до неоптимальних результатів моделювання. Тому дослідженнями конфігурації освітлення сканера запропоновано відповідну модель відбиття для опису відбиваючого механізму під час сканування. Результати експерименту надали позитивну інформацію, що отримані текстури можна безпосередньо використовувати як коефіцієнти дифузного відбиття та досягти кращих результатів візуалізації.

Потім інформацію про форму та текстуру можна використовувати в різних програмах, таких як повторний рендеринг за нових умов освітлення та перегляду. У комп'ютерному зорі та розпізнаванні образів вони також використовуються як дискримінаційні функції для розпізнавання обличчя людини. Оскільки джерело світла в сканері є рухомим, умови освітлення для різних точок на поверхні можуть бути різними. Отже, пряме відображення

текстури інтенсивності оригінального захопленого зображення на форму об'єкта не може синтезувати правильні 2D-зображення. Для встановлення відповідності у позиціях точок на реальному об'єкті та відповідних позицій точок на зображенні слід виконати перетворення координат 4D-точок, отриманих в проєкті, на координати в декартовій системі. Для побудови хмари точок слід виконати зворотне перетворення з метою вирішення завдання відновлення 3D-координат кожної з точок з їх 2D-позицій на зображенні.

Під час сканування область, яка сканується для отримання інформації про форму, негайно освітлюється лампою та фіксується для отримання інформації про текстуру. Таким чином, інформація про форму та текстуру одних і тих же точок на поверхні обличчя вимірюється майже одночасно, щоб запобігти руху об'єкта зйомки та, як наслідок, зміщенню карти лицьової поверхні. Синхронізація отримання форми та текстури є критичною, щоб можна було встановити точкову відповідність під час сканування (рис. А.149). Однак, наближення рухомого джерела світла сканера Cyberware до джерела навколишнього світла далеке від ідеальності, оскільки джерелом світла є тонкі лампи, які не здатні забезпечити освітлення великої площі, а отже, не можуть бути апроксимовані як рівномірно розподілений фон світла. Тому авторами запропонована нова та конкретна модель освітлення, яка відображає умови сканування. Використовуючи цю модель освітлення, можна модифікувати текстури сканованих людських обличчя, а потім використовувати як коефіцієнти дифузного відбиття, як це було зроблено в [111; 112]. Запропонована схема модифікації текстури враховує взаємозв'язок джерел падаючого світла та геометрії поверхні під час сканування, а тому є більш прийнятною, ніж грубе наближення світла сканера до навколишнього світла. Такий підхід модифікації текстури може бути використаний у подальшому процесі розпізнавання та моделювання обличчя, можна очікувати кращого результату через достовірність апроксимації умов освітлення. Однак, відсутність вартісного обладнання та перелічені недоліки у скануванні

обличчя потребують вивчення напрямів та векторів світлових потоків для удосконалення сканування обличчя та інших об'єктів середовища.

2.4.1. Моделювання рівня освітленості точок при проєктуванні дизайн-об'єктів

Дослідженню формування вектору ознак зображення обличчя у просторі вейвлет коефіцієнтів [2] присвячено багато робіт [103; 374]. Однак, й дотепер головними складностями у розпізнаванні обличч є багато змін у чинниках представлення обличч – освітлення, вираз обличчя, нахил обличчя, поворот голови; тому проблема автоматичного розпізнавання обличчя потребує удосконаленого вирішення.

Перевагами представлення зображень при використанні хвильового аналізу є існування швидкого алгоритму обчислення вейвлет-коефіцієнтів та схожість алгоритмів багаторівневого вейвлет-аналізу зображення з алгоритмами багаторівневої обробки зображення зорової системи людини, а також зменшення впливу змін освітлення та зміни міміки обличчя при розпізнаванні обличч [374]. Для формування вектору ознак обличчя дослідниками пропонується використати області обличчя навколо антропометричних ознак – очей, рота, носа. Ці ознаки часто є найбільш важливими для розпізнавання і добре характеризують індивідуальні риси кожної людини. Вейвлет перетворення здійснюється шляхом проходження зображення через серію банків фільтрів. Спочатку зображення фільтрується в горизонтальному напрямку через високочастотний фільтр (вейвлет) та низькочастотний фільтр (скейлінг функція), потім кожне з двох отриманих зображень знову проходять через високочастотний та низькочастотний фільтри у вертикальному напрямку.

Отже, удосконалення рівня та методів освітленості об'єктів потребує застосування процесів моделювання [33]. Складність моделювання рівня освітленості можна розподілити за ієрархією об'єктів екодизайну: від найпростішого та найбільш об'єктивного – світильника, характеристики якого

виміряні лабораторно, до надскладної для моделювання системи освітлення міста, що містить в собі величезну кількість об'єктивних факторів, які значною мірою впливають на її характеристики та фактори, що визначаються суб'єктивним шляхом (комфорт, дизайн). Нами запропонована авторська класифікація на прикладі екодизайну освітлення середовища (табл. А.5), основними чинниками якої визначено характеристику системного об'єкта, засоби опису та нормування, методи вимірювань та верифікації, точність, системність та об'єктивність вимірювань, методи зниження трудомісткості аналізу та підвищення об'єктивності. Запропоновано авторську принципову електричну схему модуля для збору даних (рис. А.150), яка може слугувати універсальною для освітлення точок при скануванні різноманітних дизайн-об'єктів. Для реалізації модуля збору даних можна використовувати бібліотеки `bh1750` (`luxmetr i2c 1-15000 lux`) – для роботи люксметра, `tinyGPS` (`uart gps neo6`) – для роботи GPS-навігатора, `sd` – для запису отриманих даних на SD-карту пам'яті. Для опрацювання створеного масиву даних можна використати засоби мови Python 3 і бібліотеки `matplotlib` та `numpy`. Візуалізація теплових карт засобами `matplotlib` відбувається шляхом відображення значень масиву сіткою холодних та теплих кольорів, від найменших до найбільших значень відповідно; приклад у відносних значеннях показників зображено на (рис. А.151). Запропонована автором автоматизація процесу сканування рівня освітленості зменшить кількість витраченого часу та дозволить збільшити кількість зібраної статистики, що суттєво підвищить якість та об'єктивність експертного аналізу точкового освітлення при скануванні дизайн-об'єктів.

Подальші дослідження проводилися автором в напрямку удосконалення проблем дистанційного вимірювання освітленості об'єктів інфраструктури міст [36], що також слугувало підґрунтям для створення алгоритму.

Отже, як неодноразово нами відмічалось, головним засобом і методом моніторингу якості є побудова моделей освітлення на основі ручного методу, або фотовимірювання параметрів простору та поверхні за допомогою

каліброваних люксометрів з фіксованою інструментальною похибкою. Також в теперішній час, не існує, як такого, детального регламенту вимірювання, тому якість вимірювання і побудови моделі залежить від сумління експерту.

Спроба автоматизувати та зробити процес вимірювання та валідації світлових моделей ґрунтовно об'єктивнішим унеможлиблюється необхідністю вирішення проблеми закріплення приладу вимірювання на носії, виборі датчика/системи та обробки отриманих даних у онлайн режимі сумісного з програмною моделлю.

Точність побудови результатів прямої (джерело-освітлення) та зворотної (рівень освітлення поверхні-пристрій джерело) моделі у програмі DIALux або подібної до неї, визначається точністю показників пристрою датчика та точністю прив'язки до фізичних розмірів поверхні, або топографічних координат. На (рис. А.152) надано приклад ізометричної моделі освітлення ділянки вулиці з наведенням сітки вимірювання люксометром та обробки у топографічний малюнок моделі, а також топографічна модель (рис. А.153). Отже, використання запропонованого автором апаратно-програмного комплексу для аналізу точкового освітлення дизайн-об'єктів дозволяє збирати значно більшу кількість, аніж при ручному зборі даних, що повною мірою нівелює наявну datasheet похибку в датчиках і реверсному моделюванні в DIALux (рис. А.154, табл. А.6) та дозволяє створювати точнішу проєктну модель.

В подальших дослідженнях щодо освітлення дизайн-об'єктів нами запропоновано формування підходів до удосконалення вимірювань освітлення міських об'єктів [83]. Автором створено алгоритм, виконано моделювання та запропоновано промислове обладнання для автоматизації процесу отримання необхідної та достатньої кількості фактичних даних як характеристик світлового середовища. Проведений обсяг наукових досліджень і практичних робіт з визначення рівня освітленості вулиць дозволив запропонувати нові підходи до формування та розробки комплексу заходів та методології збору вихідних даних для вирішення завдань проєктування. Розроблено авторську

спрощену модель оцінювання взаємозалежності окремих характеристик освітлення; спрощена матриця-схема наведена у таблиці А.7. Сьогодні у практиці використання відсутні зведені або порівняльні таблиці, а також схеми урахування важливості (або порівняння значущості) окремих технічних та естетичних характеристик систем освітлення. У авторській пропозиції матриця-таблиця дозволяє відобразити, яким чином різні елементи системи на різних рівнях інтеграції проходять оцінювання (можна вважати це дослідженням на відповідність комплексним вимогам системи). Отже, підсумовуючи даний параграф, розглянемо основні тенденції щодо тривимірної антропометрії м'яких і твердих тканин обличчя.

2.5. 3D-сканування обличчя людини для створення цифрових тривимірних моделей

Для створення цифрової 3D-моделі просканованого об'єкта або простору, необхідно дослідити технологічні та апаратні особливості 3D-сканування. Цього потребують передумови якісного проєктування дизайн-продуктів з вимог естетичності, а для досліджуваного дизайн-об'єкту – тіла людини, її голови та обличчя. Вище зазначено (р.1.2), що існує кілька технологій, які дозволяють створити 3D-сканер, підлаштований під особливості процесу, з різними перевагами, недоліками та вартістю. Крім того, є певні обмеження на об'єкти, які можуть бути зіскановані – виникають труднощі з блискучими, прозорими або дзеркальними поверхнями предметами. 3D-сканери різняться за видами; діляться на декілька типів, а саме: активні 3D сканери (випромінюють на об'єкт пучок спрямованих хвиль і фіксують їх відображення; до можливих типів випромінювання відносяться рентгенівські промені, ультразвук і світло); пасивні 3D-сканери (фіксують відбите від об'єкта навколишнє випромінювання, найчастіше світло); на рис. А.155 представлена їх класифікація [35].

3D-сканери, як і звичайні камери, мають конусоподібне поле зору, а також отримують інформацію тільки з тих поверхонь, які не затемнені або не

блищать. Основна відмінність полягає в тому, що камера передає лише кольори поверхні об'єкта, а 3D-сканер збирає інформацію про відстані на поверхні. Зображення, отримане 3D-сканером, описує відстань до поверхні в кожній точці зображення. Завдяки цьому можна отримати дані про розташування в тривимірному просторі кожної точки на зображенні [120].

Для створення повноцінної моделі об'єкта виконують, як правило, кілька сканувань з різних напрямків. Відсутність інформації з усіх сторін об'єкту створює складнощі прив'язки до загальної системи координат. Такий процес називається вирівнюванням, а його завершення дозволяє створити повну модель.

Загалом, процес створення повноцінної моделі, що починається зі створення простої карти з відстанями, носить назву 3D-конвеєр сканування. Роздільна здатність характеризує мінімальну відстань між сусідніми 3D-точками в міліметрах, еквівалентно дозволу фотографії; залежить від розміру області сканування від дозволу камер та принципу роботи сканера.

Деталізація передбачає можливість якісно передавати форму дрібних елементів поверхні. Сканери різних виробників мають різну деталізацію. Ручні сканери зазвичай мають меншу деталізацію порівняно зі стаціонарними. Випадкова складова загальної помилки виміру є рівень шуму; може бути оцінена при повторному скануванні одного і того ж об'єкта в тих же самих умовах та порівнянні з першим результатом. Залежить від великої кількості факторів: якості поверхні об'єкта, зовнішнього освітлення, положення камер тощо. Точність являє собою загальну результуючу помилку вимірювання; містить як випадкову, так і систематичну складові [266].

Існує кілька технологій для цифрового сканування форми та створення 3D-моделі об'єкта. Однак була розроблена спеціальна класифікація, яка поділяє 3D-сканери на два типи: контактні і безконтактні [358]. Кожен тип має свої особливості, від яких залежить, де вони можуть застосовуватись. Зазначено, що «контактні 3D-сканери сканують об'єкт безпосередньо через фізичний контакт – якщо об'єкт складно підтримувати на плоскій поверхні,

його можуть утримувати спеціальні затискачі. Безконтактні 3D-сканери можуть сканувати об'єкт за допомогою світла, радіохвиль або звуку, що відбивається від поверхні об'єкта і збирається спеціальними сенсорами. Контактні 3D-сканери прості у використанні та підходять для обробки об'єктів з простою геометрією. Однак їх використання ускладнене, коли об'єкти мають багату деталізацію, а форма контурів замість чітко окреслених граней включає плавні лінії» [358].

Отже, у сучасному світі найбільш популярними є сканери, які використовують безконтактний метод сканування. Цей варіант взаємодії вважається найбільш перспективним, оскільки дозволяє створювати 3D-візуалізацію моделей, які знаходяться у важкодоступних місцях або є крихкими. Існує кілька видів безконтактних 3D-сканерів, які відрізняються застосованою для їх роботи технологією: фотограмметричні; на основі структурованого білого кольору; лазерні. Основними параметрами під час огляду наявних моделей є такі: вартість; час та точність сканування; кількість та роздільна здатність камер; наявність платформи, що обертається; відкритість проєкту; область сканування.

Відомо, що тривимірні моделі в узагальненому та деталізованому видах виразно відображають формоутворення об'ємного виробу, конфігурацію, розміщення, ступінь прилягання тощо. Завдяки якісній візуалізації можна проаналізувати композиційну рівновагу форм, співвідношення функціональних елементів, і таким чином визначити ступінь естетичної привабливості представленого дизайн-об'єкта. Відтворена 3D-модель маски повною мірою може сформувати цілісне уявлення про виріб, його складові та їх співвідношення, пластичні властивості матеріалу.

В узагальненому вигляді відповідно до представлених досліджень, нами запропонована схема класифікації 3D-сканерів (табл. А.8). Дослідженнями виявлено, що контактні 3D-сканери дозволяють оцифрувати закріплені об'єкти за допомогою фізичного багатократного дотику до поверхні об'єкту. Вони мають ряд суттєвих обмежень, що робить їх придатними для сканування

лише об'єктів для зворотної розробки/копіювання виробів [362]. Безконтактні 3D-сканери являють собою пристрої, які використовують для створення тривимірних моделей об'єктів без фізичного контакту з ними; поділяються на пасивні та активні.

Пасивні сканери використовують навколишнє світло та одну (рис. А.155,а) або більше камер (рис. А.155,б) разом з необхідним програмним забезпеченням та дозволяють створювати цифрові моделі об'єктів. Ці пристрої мають низьку собівартість, невисоку точність та якість сканування. До них належать стереоскопічний та фотометричний 3D-сканер, сканер силуету.

Отже, контактні 3D-сканери мають ряд суттєвих обмежень, що робить їх придатними лише для високоточного сканування об'єктів для зворотної розробки або копіювання виробів (рис. А.157; А.158) [362]. Безконтактні пасивні та активні 3D-сканери призначені для створення тривимірних моделей дизайн-об'єктів. Пасивні використовують навколишнє світло та одну або дві камери разом з необхідним програмним забезпеченням та дозволяють створювати цифрові моделі об'єктів. Ці пристрої мають низьку собівартість, невисоку точність та якість сканування. До них належать стереоскопічний та фотометричний 3D-сканер, сканер силуету. Стереоскопічний 3D-сканер (рис. А.159) [330] використовує дві камери або сенсори для збору інформації про глибину та створення тривимірного зображення об'єктів або рекреацій сцен. Сканування цим пристроєм ґрунтується на принципі бінокулярного бачення, схожого на те, як людські очі сприймають глибину, порівнюючи зображення з обох очей. Типовий стереоскопічний 3D-сканер зазвичай складається з двох камер або інших сенсорів, які розташовані на фіксованій відстані одна від одної та одночасно фіксують зображення з незначними відхиленнями точок огляду. Отримані камерами зображення обробляються та аналізуються для створення 3D-моделі, ідентифікуючи розбіжності між двома зображеннями.

Фотометричне 3D-сканування (рис. А.160) [92; 301], також відоме як фотометрична стереоскопія – це технологія, що використовує кілька

2D-зображень об'єкта. Його фотографують з кількох точок огляду під різними джерелами світла або під різними кутами освітлення. Зміна освітлення створює різні тіні та світлі ділянки на поверхні об'єкта, які фіксуються на серії зображень, що далі використовуються для обчислення векторів нормалі на поверхні в кожній точці об'єкта за допомогою алгоритмів фотометричної стереоскопії. Вектори нормалі – це вектори, що перпендикулярні до поверхні в кожній точці. Знаючи їх напрямки, ми можемо відтворити тривимірну форму об'єкта. Точність та роздільна здатність отриманої 3D-моделі залежать від кількості зображень та якості освітлення.

Сканування силуету [365] – це технологія, за допомогою якої фіксується форма та контури об'єкта, аналізуючи його силует або абрис (рис. А.161). На відміну від інших методів сканування, які відтворюють повну поверхневу геометрію об'єкта, сканування силуету фокусується на фіксуванні зовнішньої форми та країв об'єкта. Для фіксування сканером силуету об'єкта його розміщують між джерелом світла та камерою. Світло проєктується на об'єкт, а камера записує тінь або силует об'єкта на фоновій поверхні. Аналізуючи знятий силует, визначається контур та форма об'єкта. Дані, зібрані з різних кутів, можуть бути об'єднані для створення повної тривимірної репрезентації зовнішньої поверхні об'єкта. Активні 3D-сканери на відміну від пасивних оснащені проєкторами, що опромінюють об'єкт структурованим світлом у вигляді ліній або квадратів з різним рівнем освітленості, або лазерами, що випромінюють світло у вигляді ліній. Камери фіксують викривлення ліній і квадратів та завдяки програмному забезпеченню отримані зображення викривлень інтерпретуються в модель об'єкту. До активних належать лазерний та проєкторний 3D-сканери.

Лазерне 3D-сканування використовує лазерне світло для отримання інформації про геометрію та деталі поверхні об'єктів. Сканер (рис. А.160, А.161) випромінює лазерні промені на поверхню об'єкта і вимірює час на відбиття світла та повернення до сенсора, що дозволяє розраховувати відстань від сенсора до кожної точки на поверхні об'єкта. Такі пристрої зазвичай

складаються з лазерного джерела, механізму сканування для направлення променю та сенсора для отримання відбитого світла. Лазерний промінь проєктується на об'єкт, коли сканер рухається або об'єкт обертається, вимірюються кілька точок на поверхні. Вони утворюють точкову хмару/*point cloud* – набір 3D-координат, які зображають форму об'єкта [287]. Поєднуючи координати різних точок з декількох місць огляду, лазерний сканер створює комплексну 3D-модель об'єкта, записуючи його геометрію та особливості поверхні з високою точністю.

Ще одним різновидом активного сканування є проєкторне (рис. А.162-А.164), що використовує проєктор для відображення рисунків або світла на поверхню об'єкта. Сканер зчитує деформацію цих рисунків, коли вони обгортають форму об'єкта, та відтворює 3D-зображення поверхні об'єкта. Рисунки можуть бути у вигляді сіток, смуг або інших складних зображень. Камера або сенсор, розташовані під кутом від проєктора, записують деформовані світлові рисунки. Програмне забезпечення використовує зібрану інформацію для тріангуляції 3D-координат кожної точки на поверхні об'єкта. Поєднуючи кілька наборів рисунків та відповідних зображень камери з різних кутів, сканер створює детальну 3D-модель об'єкта [363]. На основі характеристик різновидів 3D-сканерів обрано безконтактні пасивні пристрої, зокрема на основі технологій стереоскопії та фотограмметрії. До таких належать смартфони різних виробників, які потребують більш детального аналізу характеристик точності сканування об'єктів.

Дослідженнями виявлено, що Android-пристрої можуть здійснювати 3D-сканування різними методами. Варто зазначити, що не всі смартфони мають вбудовані датчики або камери, придатні для високоякісного 3D-сканування. Зазвичай додатки, доступні в Google Play Store, дозволяють використовувати вбудовані камери смартфона для створення 3D-моделей з невисокою точністю. Деякі додатки пропонують використання технології структурованого світла або інші методи для оцифровування, що дозволяють збільшити точність 3D-моделей. Смартфони, що мають додаткові датчики,

наприклад глибини або додаткові камери, дозволяють отримати 3D-моделі з високою деталізацією. Деякі моделі Samsung Galaxy, Xiaomi та інших виробників мають датчик Time-of-Flight (ToF) [35; 344]. ToF – це тип датчика, який використовується у деяких смартфонах для вимірювання відстані за виразом (1) до об'єктів шляхом визначення часу, який потрібний для відбивання та повернення на сенсор лазерного променя або інфрачервоного світла від об'єкта:

$$d = \frac{(c * \Delta t)}{2}, \quad (1)$$

де c – швидкість світла, м/с, t – час, с.

Технологія ToF подібна до технології LiDAR, але використовує інфрачервоне світло замість лазерного променя. ToF-датчик, як правило, розташований поряд з камерами на задній частині смартфона або в спеціальній додатковій камері. Основними переваги ToF-датчика виявлено такі: висока точність вимірювання відстані до об'єктів в їх широкому діапазоні (від декількох сантиметрів до кількох метрів), що підвищує якість 3D-сканування та реалістичність проекцій в AR-додатках; висока швидкість роботи, що дозволяє прискорити сканування, розпізнавати жести в реальному часі; компактність та економічність, що проявляється у виготовленні в компактних та легких форм-факторах для простої інтеграції у різноманітні пристрої та системи з живленням від батареї.

На мобільних пристроях iOS, зокрема на iPhone X або сучасніших моделях, можна здійснювати 3D-сканування за допомогою додатків та датчиків, зокрема шляхом використання технологій LiDAR [185] і TrueDepth, яка використовує NIR (Near Infrared) датчик з інфрачервоними світлодіодами для створення точкової хмари/point cloud обличчя, що зберігає тривимірні координати точок поверхні. Це дозволяє створювати детальні 3D-моделі обличчя людини, що використовуються, наприклад, для розблокування пристрою, анімації та AR-застосунків.

Представлена робота може бути використана як основа для подальшого дослідження в галузі 3D-сканування обличчя людини та розробки нових методів та технологій. Вона може бути корисною для науковців, інженерів, дизайнерів, медиків та інших спеціалістів, які займаються розробкою та виготовленням 3D-моделей, в тому числі із застосуванням адитивних методів 3D-друку. Для покращення якості сканування можна застосувати різноманітні техніки, такі як зменшення впливу шуму на дані сканування та оптимізація алгоритмів обробки даних. Також можна розглянути можливість додаткової обробки даних сканування за допомогою програмного забезпечення для моделювання та аналізу 3D-моделей. У цілому, представлене дослідження дозволяє вирішити проблему доступності 3D-сканування для обличчя людини для проєктування ефективних захисних масок і респіраторів, елементної бази до них. Використання лазерного 3D-сканеру та розроблені авторські застосунки на Python дозволяє швидко та ефективно створювати точні та деталізовані 3D-моделі обличчя людини для виготовлення захисних масок за індивідуальними розмірами адитивними методами. Результати тестування (РЗ) свідчать про високу точність та ефективність запропонованої методології проєктування масок за інноваційними технологіями.

При скануванні обличчя часто слід отримати більш достовірну інформацію для отримання реальних вихідних даних для проєктування предметів захисту органів дихання. Отже, розглянемо основні тенденції щодо тривимірної антропометрії м'яких і твердих тканин обличчя [319]. За останні роки технології 3D-сканування забезпечили нові інструменти для тривимірного аналізу морфології обличчя людини. В даний час кількісні оцінки розмірів, просторового положення і відносних пропорцій відмінних рис обличчя можна отримати як для м'яких, так і для твердих тканин. Нові математичні інструменти дозволяють об'єднувати цифрові дані, отримані з різних аналізаторів зображень, забезпечуючи таким чином кількісну інформацію для анатомічних і антропометричних описів, медичних оцінок (клінічна генетика, ортодонтія, щелепно-лицева та пластична хірургія, судова

медицина). Нижче представлено деякі відомі методи тривимірної антропометрії: на рис. А.159 наведено схему стереофотограмметричного приладу для аналізу м'яких тканин обличчя; на рис. А.160 викладено принцип лазерної тріангуляції.

Для отримання достовірної інформації щодо реальних вихідних даних точок обличчя, нами досліджено можливості криміналістичного (сигналетичного) 3D-сканування зовнішності людини [18], адже 3D-сканування зовнішності людини застосовується у багатьох сферах людського життя [99; 150; 321]. Наголошено, що в сучасних умовах найбільш реалістичним є 3D-сканування зовнішності людини з використанням безконтактних 3D-сканерів загального призначення. Залежно від конкретного об'єкта виокремлено криміналістичне 3D-сканування обличчя, погруддя [73], усього тіла людини, окремих частин тіла (анатомічних елементів зовнішності) та супутніх елементів зовнішності, а також сканування людей.

Комплексне дослідження 3D-сканування запропоновано у статті M. Daneshmand, et. al. [151], яка містить огляд методологій і технологій 3D-сканування, запропонованих в існуючій науковій і промисловій літературі [198]. Саме комбіновані дослідження мають на меті допомогти чіткіше розрізнити доречність і надійність можливих виборів. Крім того, коротко обговорюються процедури виявлення викидів і підгонки поверхні, які є необхідними етапами після обробки. Разом з тим науково обґрунтованими визначено вивчення сканування фігури людини для створення проєктних моделей одягу працівників у захисних масках та респіраторах різних типів, а також в захисних окулярах, з'єднаних із засобами захисту органів дихання.

2.5.1. Особливості застосування та інтеграція боді-сканерів для визначення розмірних ознак та формування моделі людини

3D-лазерне сканування є сучасною технологією цифрового моделювання, яка здатна створювати високоточні 3D-моделі методом математики та лазерного світла. Незалежно від типу лазерного 3D-сканера сканування за допомогою лазерної точки або лазерної лінії – їх використання застосовується для отримання 3D-моделі об'єкта, як зображено на рис. А.161. Вище зазначено, що 3D-лазерне сканування застосовується в різних галузях і може використовуватися для зворотного проєктування, забезпечення якості, обстеження й аналізу розмірів. Точність сучасних лазерних 3D-сканерів коливається від 0,01 мм до 0,1 мм. Це значить, що використовуючи даний тип сканерів, можна досягти хорошої деталізації об'єкта [66].

Цифрова копія людини може надати багато корисної інформації, наприклад, відобразити точні розміри будь-якої частини тіла, дати можливість сформувати цифровий 3D-аватар чи спроектувати ідеальний протез для пацієнта. Зокрема поєднання передових технологій та 3D-сканерів можуть формувати багатофункціональні пристрої, такі як 3D-рентген [65-67; 82; 84]. У той час, як людина (або кілька людей) знаходиться у центрі кабіни у певній позі, як зображено на рис. А.162 [95], оператор сканування виконує всі необхідні підготовки та запускає налаштування системи для отримання 3D-моделі.

Залежно від апаратного та програмного забезпечення, встановленого у кабіні, весь процес може зайняти всього кілька секунд, що полегшує людині зберегти позу, не рухаючись. Результатом сеансу сканування кабіни є кольорова 3D-модель, яку можна надрукувати на 3D-принтері або провести ряд дій у програмному забезпеченні для формування рухомої комп'ютерної моделі. Поєднуючи зображення об'єкта, зафіксованого під різними кутами, та точки збігу між різними зображеннями для ідентифікації особливостей, створюють 3D-модель за допомогою комп'ютерного обладнання, як зображено на рис. А.163. Така техніка заснована на інтелектуальному

програмному алгоритмі для пошуку границь об'єкта, виявлення відповідних повторів і реконструкції у тривимірному просторі. Найбільшою перевагою використання фотограмметрії є те, що метод не вимагає складного обладнання. Для використання необхідно мати декілька або одну високоякісну камеру [66].

Сучасним прогресивним прикладом використання такої технології є TOB 3D GENERATION [96] та дочірня 3D GENERATION UA, які професійно займаються розробкою та виготовленням високовартісних панорамних сканерів високої розподільної здатності, що ефективно використовуються в медичній практиці. Такий підхід гарантує тривимірне сканування, що забезпечує високу точність передачі кольору. Для отримання високої якості 3D-моделей використовуються новітні підходи в електроніці та автоматизації процесів, а для обробки зображення відбувається коригування власними технологіями штучного інтелекту для досягнення максимальної якості кінцевого продукту [66].

Іншими прикладами 3D-систем захоплення тіла є 3D-дзеркала, 3D-примірочні та набори для домашнього сканування тіла. Такі пристрої зазвичай використовують комбінацію технологій тривимірного зображення. Вони можуть бути інтегровані в дзеркало або підставку, яка обертається навколо людини, яка стоїть на спеціальній платформі, як зображено на рис. А.164 [66].

Портативні 3D-сканери для тіла є на ринку вже досить давно, і на відміну від статичних, ці сканери також можуть бути використані для зйомки з високою деталізацією окремих частин тіла або кінцівок. Такі пристрої є більш функціональними, і їх можна переміщувати навколо об'єкта для виконання сканування. Після сканування вихідні 3D-моделі експортуються у спеціалізоване програмне забезпечення для подальшої обробки, наприклад, для створення спеціальних протезів, ортопедичних виробів або персоналізованих аксесуарів, таких як ювелірні вироби або окуляри. Поява

технологій 3D-сканування тіла надає можливість отримати множину точних вимірювань тіла пацієнта повністю автоматично всього за кілька секунд [66].

Нами запропоновано 3D-сканування обличчя людини для моделювання абрису обличчя у трьох вимірах для подальшого використання отриманих моделей у проєктуванні захисних масок-респіраторів. Також підготовлено експериментальний манекен людини у захисній масці (рис. А.165) для проведення подальших випробувань.

2.5.2. Використання загальних додатків у віртуальних 3D-середовищах за наявності впливу шумових ефектів для забезпечення ефективності тривимірного сканування

Ефективність тривимірного сканування з урахуванням особливостей антропометрії обличчя для побудови розгорток поверхні захисних масок для їх подальшого проєктування та виготовлення залежить від використання загальних додатків у віртуальних 3D-середовищах, в першу чергу наявності впливу шумових ефектів. Окремі дослідження чітко вказують на наявність такої проблеми для подальшого виготовлення виробів за допомогою 3D-принтерів з різних матеріалів за інноваційними технологіями [142]. Розглянемо їх для уявлення методології процесів, що відбуваються під час оброблення 3D-даних, отриманих з програмного забезпечення графічного дизайну або експортованих з оптично відсканованих об'єктів.

Процес розробки 3D-моделей різних дизайн-об'єктів займає багато часу. Обчислювальне представлення поверхонь широко описано в літературі [306]. Існує ряд комерційних платформ, які мають можливість створювати моделі поверхні з хмар точок. Ці платформи можуть мати відкритий вихідний код і пропонують інноваційні рішення для створення, візуалізації, інтерпретації та аналізу тривимірної сітки [293]. Також існують платформи з безкоштовним програмним забезпеченням з відкритим вихідним кодом для обробки та редагування сітки, яке генерує трикутну 3D-сітку [135]. Вони мають низку алгоритмів, які можна використовувати для реконструкції поверхонь із хмар

точок (хмара точок — це структура даних, яка використовується для представлення набору багатовимірних точок і для представлення тривимірних даних). У тривимірній хмарі точки зазвичай представляють геометричні координати X , Y і Z базової поверхні зразка. Хмари точок можна отримати за допомогою апаратних датчиків, таких як стереокамери, 3D-сканери, або згенерувати за допомогою комп'ютерної програми синтетичним шляхом [295]. Сучасні інструменти комп'ютерної графіки дозволяють проєктувати та візуалізувати дуже реалістичні та точні тривимірні моделі. Ці пристрої можуть створювати складні сітки з високим рівнем деталізації.

В основному існує два способи отримання координат геометричної форми об'єкта. Перший підхід — це механічний метод, який використовує механічні руки, де об'єкт фіксується на столі; координати точок, вибраних інспектором за допомогою сенсорних щупів, передаються в комп'ютер. Вимірювання сформованих і великих поверхонь за допомогою цієї системи може тривати години або, навіть, кілька днів, особливо в ігрових системах, залежно від деталей об'єкта та необхідної точності вимірювання (рис. А.166-А.167). З іншого боку, зображення цільового об'єкта містить багато шумів, які створюють неточне відображення кольорів та нечітких граничних ліній дизайн-об'єктів, що виявляє реальну проблему у проєктуванні та виготовленні виробів за адитивними технологіями. З рис. А.167 видно, що набагато успішнішими і значно покращеної якості є результати сканування на рис. А.168, де структура проєкту дозволяє впорядковано зберігати відскановані дані, зображення та іншу інформацію. Тому, усунення ключових проблем потребує застосування оновленого програмного забезпечення та удосконалення процесу сканування шляхом використання шумів, а також покращення якості освітлення.

Отже, шуми є потужним інструментом у багатьох сферах пов'язаних з використанням комп'ютерної графіки. У кіноіндустрії вони допомагають додати реалістичності комп'ютерній графіці (Computer-Generated Imagery/CGI) та візуальним ефектам (Visual effects/VFX) дозволяючи глядачу

повірити в побачене. Вони стали важливим інструментом у виробництві документальних фільмів, особливо при відтворенні історичних подій, коли історичні події неможливо або недоцільно знімати в реальному житті (відтворення стародавніх ландшафтів, будівель та масштабних битв). Комп'ютерна графіка стала незамінним інструментом для візуалізації наукових концепцій, що дозволяє покращити сприйняття складних наукових концепцій шляхом їх візуалізації та дозволяє відтворювати явища макро- та мікросвіту, що важко зафіксувати традиційними методами зйомки. Шуми використовуються для створення процедурних текстур, дозволяючи додати реалістичних деталей і варіацій до плоских поверхонь, покращуючи загальну візуальну якість; широко використовуються для процедурної генерації рельєфу та ландшафтів.

У дизайн-графіці ігрової індустрії шуми займають значне місце, адже використовуються не тільки для створення реалістичних текстур та ефектів, як і в кіно, а й слугують інструментом генерації динамічного та реалістичного світу для гри – від генерації ландшафтів до процедурного розміщення об'єктів. Так, Кен Перлін у своїй статті [284] описує розроблену систему для генерації високореалістичних зображень на основі напрацьованого ним математичного алгоритму синтезації шуму, яка була використана для фільму «Трон». В дослідженні [165] розкрито історію використання графіки та візуальних ефектів в науково-фантастичних фільмах. Результати дослідження вчених викладені в статті [316] демонструють, що впровадження методів генерації карт і створення випадкових об'єктів може покращити якість ігрового процесу та забезпечити користувачам більш захоплюючий досвід гри. Науковці в окремих працях [298] представили дослідження процедурної генерації рельєфу з використанням шуму Перліна в ігровому рушії Unity. Дослідження показало, що час виконання алгоритму значно збільшився із збільшенням розмірів сітки, що свідчить про необхідність враховувати масштаб і роздільну здатність рельєфу. Цей висновок підкреслює компроміс між створенням детальних рельєфів і часом, необхідним алгоритму для завершення обчислень.

Автори у своїй статті [218] досліджують методи процедурної генерації на основі різних методів для створення реалістичних міст для ігрових проєктів.

Сьогодні найбільш поширеним є використання вискоєфективних стаціонарних систем для тривимірного сканування різних об'єктів. Однак зарубіжні дослідження аргументують доцільність використання менш витратних та більше доступних приладів – смартфонів. Саме тому, автором обґрунтовано вибір програмного забезпечення для сканування засобів індивідуального захисту органів дихання під час сканування обличчя [45] на основі аналізу асортименту магазинів додатків, а також подальшого застосування шумів.

Висновки до розділу 2

1. Проаналізовано асортимент сучасних текстильних матеріалів і полімерних композитів для виготовлення засобів захисту органів дихання та їх елементів. Вивчено та класифіковано різновиди текстильних матеріалів за стандартизованими характеристиками і властивостями щодо вимог безпеки та ефективності у створенні захисних дизайн-продуктів відповідної якості. Наголошено на обов'язковому тестуванні нових різновидів масок, а також широкому впровадженні доступних тканинних масок та їх повторному використанню. Закцентовано на застосуванні високоактивних вуглецевих сорбційних матеріалів, а також нанотехнологій при виробництві ефективних фільтрів. Розглянуто та проаналізовано фільтрувальні текстильні матеріали для забезпечення бактеріальної фільтрації ефективного захисту та можливості утилізації.

2. Досліджено структурування шарів матеріалів у визначенні ефективності фільтраційної здатності засобів захисту органів дихання. Запропоновано використання відомостей про сучасні стратегії виробництва нових типів масок, де найпоширенішою є використання зовнішнього шару з нових матеріалів і матеріалів зі спеціалізованими функціями; другим фільтраційним шаром можуть слугувати неткані матеріали з розплаву

полімерів; внутрішній шар слугує для забезпечення формостійкості та комфортності виробів. Зазначено, що ефективність фільтрації масок/респіраторів залежить від хімічної структури матеріалів, кількості шарів, розмірів пор, організації волокон, їх товщини, діаметру, заряду, щільності, гідрофільності, а також застосуванням додаткової фінішної обробки матеріалів.

3. Обґрунтовано доцільність забезпечення якісного прилягання масок і підгонки респіраторів для покращення захисних властивостей та ефективного захисту органів дихання. Запропоновано до використання спеціальні захисні маски «Carbon-Guard» та «Carbon-Guard G+», розроблених за участі автора, які на сьогоднішній день є новітньою та перспективнішою розробкою українських вчених ДУ ІЕІХ НАМНУ. Тришарова конструкція маски, завдяки вуглецевому фільтруючому шару, дає можливість наносити на поверхню зовнішнього ляного шару потужні антисептики без шкоди для здоров'я користувача. На зразок фільтруючого респіратора маска забезпечена конструктивними пристосуваннями для поліпшення прилягання маски до обличчя. Простота і зручність утилізації маски забезпечена застосуванням відомих за своїми властивостями матеріалів, з яких виготовлена маска.

4. Підтверджено універсальний характер проєктних задач. Розглянуто захисну маску як естетичний акцент в образі, досліджено взаємозв'язок функціональності маски та візуальної привабливості людини у 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 та аномалії обличчя, порівняти пропорційні взаємозв'язки із золотим перетином. Засвідчено відхилення пропорцій обличчя, що створює складність проєктування та вимагає потреби у дослідженні морфології та визначенні індивідуальних параметрів обличчя для створення ефективного дизайну засобів захисту органів дихання.

5. Досліджено антропометрію обличчя та удосконалення посадки маски як чинника забезпечення ефективного захисту. Виявлено та наведено окремі прийоми та різновиди пристосувань для ефективного прилягання хірургічних масок та масок-респіраторів N95, здатних покращити підгонку масок на обличчі для використання широким загалом споживачів. Такі дослідження дозволяють відповідним чином теоретизувати взаємозв'язок ефективності захисту користувачів від вірулентних часток SARS-CoV для потенційного усунення або зменшення тяжкості інфекції. Визначено, що ключовими чинниками надійності ЗІЗОД є ефективність забезпечення фільтрації матеріалів та прилягання маски. Кращі маски пропонують менше проміжків між обличчям користувача та краями маски, гарантуючи фактичну фільтрацію вдихуваного повітря.

6. Досліджено ергономіку використання та підвищення відповідності носіння маски для обличчя. Наголошено на правильному надяганні/знятті та розміщенні на обличчі захисних масок для зменшення ризику зараження, а також забезпечення знезараження, утилізації або повторного використання масок відповідно до протоколу політики повторного використання. Актуалізовано питання вимірювань масок та відповідного вимірювання обличчя людини для розробки проєктного рішення за вимог підгонки ергономічної маски, а також естетики обличчя.

7. Запропоновано забезпечення надійності обтюрації на основі аналізу зв'язку розмірів обличчя та підгонки масок і респіраторів. Визначено 3D-сканування основним засобом антропометричних вимірювань за допомогою відповідного програмного забезпечення, що свідчить про інноваційність підходів при створенні сучасних дизайн-продуктів різного призначення із подальшою перевіркою валідності отриманих 3D-моделей. У технологіях підгонки актуалізовано застосування V-образних вирізів, додаткових пристроїв або фіксаторів, інших конструктивних особливостей, а також використання удосконаленої техніки зав'язування стандартної маски для запобігання запотіванню окулярів, моноклів, луп без додаткових витрат

або матеріалів, що стає універсальним для багатьох різновидів масок та респіраторів. Зазначено, що головним чинником залишається якість 3D-сканування та отримання точних віртуальних копій відповідних дизайн-продуктів з метою відтворення їх за інноваційними технологіями методами 3D-друку при виготовленні захисних масок із сучасних полімерних матеріалів.

8. Узагальнено проєктні рішення і новітні тенденції, систематизовано сучасні різновиди фільтрувальних масок і респіраторів для широкого використання. Виявлено механізми прогнозування надійного захисту органів дихання під час загроз та забезпечення споживачів ефективними засобами боротьби. Наведено потенційні прототипи та адаптивні пропозиції у створенні вітчизняних сучасних засобів захисту органів дихання інноваційними методами.

9. Досліджено антропометричний розподіл українського споживача для коригування параметрів та ключових точок обличчя у проєктуванні сучасних захисних масок і респіраторів за інноваційними технологіями. Запропоновано використання технологій обробки зображень для визначення антропометричних точок обличчя. Виявлено 3D-антропометрію ефективним і безпечним методом вимірювання мімічної відстані – фотограмметрія виконується швидко, неінвазивно, дозволяє проводити вимірювання, моделювання та прогнозування результатів; є доступною та економічно доцільною.

10. Представлено нову модель освітлення при модифікації текстури 3D-сканування людського обличчя для вирішення проблеми коригування та переоцінки текстури 3D-моделі. Запропоновано авторську класифікацію на прикладі екодизайну освітлення середовища, основними чинниками якої визначено характеристику системного об'єкта, засоби опису та нормування, методи вимірювань та верифікації, точність, системність та об'єктивність вимірювань, методи зниження трудомісткості аналізу та підвищення об'єктивності. Розроблено авторську принципову електричну схему модуля для збору даних, яка може слугувати універсальною для освітлення точок при

скануванні різноманітних дизайн-об'єктів. Визначено, що автоматизація процесу сканування рівня освітленості зменшить кількість витраченого часу та дозволить збільшити кількість зібраної статистики, що суттєво підвищить якість та об'єктивність експертного аналізу точкового освітлення при скануванні дизайн-об'єктів. Доведено, що використання запропонованого автором апаратно-програмного комплексу для аналізу точкового освітлення дизайн-об'єктів дозволяє збирати значно більшу кількість, ніж при ручному зборі даних, що повною мірою нівелює наявну datasheet похибку в датчиках і реверсному моделюванні в DIALux та дозволяє створювати точнішу проєктну модель.

11. Досліджено технологічні та апаратні особливості 3D-сканування для створення цифрової 3D-моделі просканованого об'єкта або простору. Уточнено класифікацію різновидів 3D-сканерів. Зазначено, що тривимірні моделі в узагальненому та деталізованому видах виразно відображають формоутворення об'ємного виробу, конфігурацію, розміщення, ступінь прилягання тощо. Доведено, що завдяки якісній візуалізації можна проаналізувати композиційну рівновагу форм, співвідношення функціональних елементів для визначення ступеня естетичної привабливості новостворених дизайн-об'єктів – відтворена 3D-модель маски повною мірою формує цілісне уявлення про виріб, його складові та їх співвідношення, пластичні властивості матеріалу. Наведено особливості застосування та інтеграцію боді-сканерів для визначення розмірних ознак у формуванні моделі людини. Запропоновано 3D-сканування обличчя людини для моделювання абрису обличчя у трьох вимірах для подальшого використання отриманих моделей у проєктуванні захисних масок-респіраторів. Також підготовлено експериментальний манекен людини у захисній масці для проведення подальших випробувань.

12. Запропоновано використання загальних додатків у віртуальних 3D-середовищах за наявності впливу шумових ефектів для забезпечення ефективності тривимірного сканування. Обґрунтовано вибір та застосовано

оновлене програмне забезпечення для сканування обличчя на основі аналізу асортименту додатків, а також подальшого використання шумів і покращення якості освітлення.

Основні результати цього розділу дисертації апробовано в доповідях [17, 31, 33, 36, 39, 42, 45], опубліковано в статтях [34, 35, 43, 83, 231].

РОЗДІЛ 3

ПРОЄКТНІ ПРАКТИКИ ДИЗАЙНУ ЗАХИСНИХ МАСОК З ВИКОРИСТАННЯМ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

3.1. Дослідження можливостей застосування об'єктно-орієнтованої мови Python для удосконалення візуалізації зображень при створенні захисної маски як інноваційного дизайн-продукту

У мінливому світі дизайну інноваційні технології відіграють ключову роль у формуванні робочих процесів та стимулюванні креативності. Проектування засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) (PPE) органів дихання – це процес, який складається з розробки технічного завдання, ескізного та технічного проєкту, конструкторської документації, робочої документації. Науковці кафедри моди та стилю (ергономіки і дизайну) КНУТД за участі автора цієї роботи, проводять багаторічні дослідження з питань розробки різновидів захисного, аварійно-рятувального одягу різного призначення, його складових та додаткових компонентів (маски, респіратори, бахіли, рукавиці, краги тощо), а також різновидів одягу військових [7; 21; 22; 26-28; 46; 49].

Однак процес проектування ЗІЗОД не достатньо формалізовано і, зазвичай, базується на евристичних методах, які спираються переважно на фахові знання конструктора. Це може призводити до виникнення помилок і втрати часу на їх виправлення. Вважається, що найбільше часу при проектуванні ЗІЗ органів дихання припадає на розробку форми і конструкції лицьової маски. Особливість проектування ЗІЗ органів дихання полягає у змінності в широкому діапазоні багатьох параметрів: антропометричних характеристик обличчя людини; кількості шарів матеріалів, мінливості показників умов праці; зміни у фізіологічному і психологічному станах людини, яка використовує ЗІЗ. Це дає можливість створювати конструкцію респіраторів з окремих елементів і . процес проектування розкласти на певні етапи.

Тому, основною метою досліджень завжди виступає обґрунтування вибору конструктивно-технологічної моделі захисної фільтрувальної лицьової півмаски з покращеними захисними та ергономічними показниками. Для досягнення результатів потрібно вирішити такі завдання: визначення впливу розмірних ознак обличчя людини на показники захисту півмасок; розробка контуру обтюратора півмаски з урахуванням антропометричних розмірів обличчя; підбір відповідних фільтрувальних матеріалів для виготовлення півмаски і обтюратора; розробка способу оцінки захисних властивостей півмасок на етапі проєктування [129].

За участі автора проведено роботи щодо визначення та вимірювання розмірних ознак обличчя відповідно до табл. А.9. На рис. А.169 наведено позначення розмірних ознак обличчя: спереду (а) і збоку (б) (позначено на Шеффілдівському манекені голови людини (р.2.4)). Ефективну поверхню обтюратора півмаски можна визначити декількома способами, зокрема за відбитком на м'якому шарі, який нанесено на манекен голови та за термографуванням (рис. А.170). Термограма дає змогу визначити місця проникнення аерозолі по смугі обтюраторії за інтенсивністю теплового випромінювання поверхні обтюратора у інфрачервоному діапазоні. На підставі отриманих результатів та вимірів запропоновано розміщення критичних точок для побудови смуги обтюраторії на обличчі; обґрунтовано вибір матеріалів; визначено точки кріплення; візуалізовано теплові зображення для проєктуванні респіраторів. наведено результати випробувань і математичного моделювання наведено на рис. А.171-А.177, табл. А.10-А.12 [129]. Представлені дослідження (рис. А.171-А.177, табл. А.10-А.12), виконані за участі вчених КНУТД Н.В. Остапенко, М.В. Колосніченко, дали можливість сформулювати удосконалену послідовність виконання робіт з проєктування загальновідомих фільтрувальних лицьових півмасок, а також лягли в основу досліджень при визначенні та уточненні основних етапів проєктування різновидів захисних масок для забезпечення придатної обтюраторії відповідно функцій призначення та кількості шарів у структурі маски.

Для побудови полігональної сітки 3D-моделей обличчя, визначення на відсканованих зображеннях обличч за рахунок використання програмного середовища з функцією 3D-реконструкції, з метою визначення координат антропометричних точок 3D-моделей масок (півмасок, респіраторів) існує величезна бібліотечна екосистема. Вона забезпечує дизайнерів інструментами для обробки зображень, візуалізації даних та інтеграції з програмним забезпеченням. Об'єктно-орієнтована мова програмування Python сприяє співпраці через системи контролю версій та спільноти, ставши потужним інструментом, що трансформує робочі процеси та пропонує низку можливостей для вдосконалення процесів і відкриття нових перспектив [39]. В основі Python лежить простота та зрозумілість, що робить цю мову доступною для дизайнерів, навіть тих, хто має обмежений досвід програмування. Її зручний для користувача синтаксис дозволяє дизайнерам автоматизувати повторювані завдання, такі як обробка зображень, управління файлами та маніпуляції з даними, звільняючи час та енергію для більш творчих починань. Ця автоматизація не лише підвищує ефективність, але й зменшує ймовірність людських помилок, забезпечуючи послідовність та точність протягом усього дизайнерського процесу. Універсальність Python виходить далеко за межі автоматизації. Її величезна екосистема бібліотек забезпечує дизайнерів багатством інструментів та фреймворків, адаптованих до їхніх конкретних потреб. Бібліотеки, такі як Pillow та OpenCV, надають можливості для передової обробки зображень та комп'ютерного зору, що дозволяє дизайнерам попередньо обробляти зображення, застосовувати фільтри та витягувати цінну інформацію з візуальних даних. Matplotlib та Pandas, з іншого боку, пропонують потужні інструменти для візуалізації даних та аналізу, що дозволяє дизайнерам перетворювати складні дані на візуально приголомшливі представлення, які передають змістовну інформацію (рис. А.178).

Крім того, інтеграція Python з програмним забезпеченням та платформами для дизайну, такими як Adobe Creative Suite, Blender та

Processing, відкрила нові шляхи для креативності. Дизайнери можуть використовувати Python для створення власних інструментів та скриптів, розширюючи функціональність цих програмних пакетів та вдосконалюючи свої робочі процеси. Такий рівень кастомізації дозволяє дизайнерам вирішувати унікальні завдання, експериментувати з новими методиками та розширювати межі можливого у своїх творчих сферах. Окрім індивідуальних робочих процесів, Python знайшов своє місце і в колабораційних середовищах для дизайну. Системи контролю версій, такі як Git, та платформи, такі як GitHub, дозволяють дизайнерам безперешкодно співпрацювати, обмінюватися кодом, дизайнами та ресурсами з членами команди та ширшою дизайнерською спільнотою. Це сприяє культурі обміну знаннями, прискорює темпи інновацій та полегшує створення дизайн-систем та бібліотек компонентів, що забезпечують послідовність між проєктами.

На тлі того, як індустрія дизайну продовжує впроваджувати новітні технології, такі як машинне навчання та генеративний дизайн, роль Python продовжує зростати. Із потужними бібліотеками для машинного навчання та штучного інтелекту, Python дає дизайнерам можливість досліджувати нові горизонти, використовуючи підходи, засновані на аналізі даних, та методики обчислювального дизайну для створення інноваційних та візуально приголомшливих творінь. Генеративний дизайн, наприклад, дозволяє дизайнерам застосовувати алгоритми та моделі машинного навчання для генерації безлічі варіацій дизайну, відкриваючи можливості дослідження величезного дизайнерського простору та виявлення новаторських рішень. Крім того, крос-платформна сумісність Python та вичерпна документація роблять її ідеальним вибором для дизайнерів, які працюють у різноманітних середовищах та співпрацюють з розробниками з різним бекграундом. Це сприяє безпроблемній інтеграції між процесами дизайну та розробки, забезпечуючи плавний перехід від дизайну до функціональних та візуально привабливих продуктів.

3.2. Функціональні можливості симуляції текстильних виробів в Unreal Engine як переконлива візуалізація процедурних текстур на 3D-об'єктах

Потребує дослідження вивчення можливостей застосування програмного забезпечення для розробки, моделювання та симуляції одягу та інших текстильних виробів в Clo3D [4; 138], що також дозволяє створювати віртуальні простори для візуалізації дизайн-об'єктів та створення їх презентацій [50]. Новітні технології, такі як доповнена та віртуальна реальність, дозволяють представляти текстильні вироби у більш креативному та інтерактивному форматі. Цифровий формат дозволяє дизайнерам експериментувати з простором візуалізації презентації, сценографією та розвитку проєктного процесу без фізичних обмежень.

Функціональні можливості при виборі локації, ефектів освітлення, підбору ракурсів дозволяють отримати високоякісне зображення з чіткою деталізацією частин виробів, відображаючи концепцію колекції виробів з передачею унікальної атмосфери презентації новостворених виробів. Можливість анімації в Clo3D дозволяє детально опрацьовувати рухи аватару та відтворювати пластичні властивості матеріалів у динамічному та реалістичному форматі.

З появою версії 5.3 ігрового рушія Unreal Engine у користувачів з'явилась система Cloth Simulation на основі машинного навчання, що забезпечує високоякісну ефективну симуляцію текстильних матеріалів в реальному часі. Поточна реалізація системи Cloth Simulation має одне основне обмеження – неможливість візуалізації деформації матеріалів одягу та інших текстильних виробів [245]. Це означає, що система може передбачити деталі форми, як, наприклад, складки, але не може продемонструвати їх в русі, як наприклад, коливання чи драпірування. Наразі цю систему доцільно використовувати для одягу різного призначення та прилеглого і напівприлеглого силуетів, наприклад, штанів, футболок, масок, спеціального захисного та одягу військових, його елементів. Отже, широкий спектр

функціональних можливостей візуальних ефектів та інструментів для створення локацій в ігровому рушії Unreal Engine дозволяє моделювати екстраординарні простори для показів, а використання системи Cloth Simulation робить їх більш реалістичнішим. Тому, нами запропоновано вибір дизайну захисного спорядження для використання в умовах надзвичайних ситуацій або бойових дій на основі симуляції за допомогою Unreal Engine [31].

Дизайн захисного одягу розробляється з урахуванням можливих військових, техногенних та інших загроз. Таким чином штучна генерація моделей наборів місцевостей та фізики явища, що описують загрози, значно актуалізовано в теперішній час. Потребує адаптація наявних та доступних і, за можливістю, безкоштовних програмних засобів для розв'язку багатьох сучасних проєктних задач. Тому, автором запропоновано використання та адаптовано застосування наявних та доступних програмних засобів для розв'язку вищенаведеної задачі; за допомогою плагіну Landmass матеріалу шумів (р.2) надано приклади автоматичного створення пустельного ландшафту (рис. А.179-А.191). Надалі це дозволить змінити підхід до оптимізації логістики багатьох процесів, включаючи також процеси проєктування захисного спорядження та окремих елементів одягу.

Так, на рис. А.185 наведено базовий матеріал шуму. Модифікація матеріалу шуму (рис. А.186) – базовий матеріал використовує градієнт для процедурної генерації; результат зображено на рис. А.187. Для більш природнього вигляду можна додати ще один шар ландшафту з іншими значеннями висоти та інших параметрів (рис. А.188). Автором запропоновано оптимальну модифікацію адаптації з метою взаємодії (а не накладання) нового шару з попереднім (рис. А.189). Для необхідних симуляцій можна додати об'єкти (actors) (рис. А.190), ввімкнувши параметр симуляції фізики та, за необхідності, внести зміни в характеристики об'єктів (рис. А.191).

Відповідно до вищезазначеного, шуми є потужним інструментом у розробці графічних дизайн-продуктів, який використовується для створення динамічного та реалістичного вмісту. З їх використанням можна створювати

рельєфи, текстури, візуальні ефекти, додавати анімації рухів природності (більш природній вигляд анімацій руху), процедурно розміщувати об'єкти на картах і площинах. Існують відомі підходи генерації використання готових структур шумів для Unreal Engine (рис. А.192): за допомогою нодів Noise (рис. А.192 а) та Vector Noise (рис. А.192 б). Отже, Unreal Engine має два основні шляхи для використання шумів: перший – використання вбудованих node (функцій/вузлів) рушія [269], другий – можливість використання вже готових текстур шумів; але для наших потреб шуми слід не додавати, а навпаки, гасити (фільтрувати), що стане основою для подальших окремих досліджень.

Вбудованими є ноди Noise та Vector Noise (рис. А.192). Основна відмінність між звичайним Noise та векторним шумом Vector Noise полягає у типі вихідних даних, які вони генерують. Функції звичайного шуму генерують скалярні значення, тоді як функції векторного шуму – векторні поля. Нод Noise має кілька різних функцій шуму (табл. А.13). Кожна функція шуму має різні вхідні параметри (рис. А.А192 а), які дозволяють керувати масштабом, щільністю та іншими властивостями шумового патерну [270]. Також можливо комбінувати кілька функцій шуму або використовувати їх разом з іншими функціями для створення більш складних і заплутаних текстур або ефектів.

Vector Noise генерує векторний шум та має кілька різних функцій шуму (рис. А.192 б), табл. А.14). Векторний шум – це тип шуму, який створює векторні поля замість скалярних значень, тобто кожна точка у шаблоні шуму має як величину, так і напрямок. Vector Noise Material додає кілька додаткових результатів 3D або 4D векторного шуму для використання у наших матеріалах. У зв'язку з витратами часу виконання цих функцій, після розробки зовнішнього вигляду з їх допомогою рекомендується все або частину обчислень записати в текстуру за допомогою функції Render Targets. Ці вирази графа матеріалів дозволяють розробляти процедурні вигляди в механізмі для кінцевих активів, надаючи альтернативу створенню процедурно згенерованих

текстур за допомогою зовнішнього інструменту. У виразі матеріалу векторного шуму ви знайдете такі типи векторного шуму.

Якщо наявні функції або готові текстури є незадовільними можна імпортувати вже готові текстури шумів або створені за допомогою стороннього програмного забезпечення. Популярною серед користувачів є програма Adobe Photoshop, кроки генерації за допомогою якої приведено на рис. А.193-А.195. Для прикладу генерації текстури шуму було обрано та проаналізовано класичний шум Перліна [285]. Згенероване ним зображення має більш природній вигляд, оскільки шум виробляє впорядковану («гладку») послідовність псевдовипадкових чисел [292].

Поняття розмірності в контексті шумів відноситься до кількості вимірів, у яких працює функція шуму. Двома основними вимірами, які найчастіше використовуються, є 2D- і 3D-шуми. Однак шумові функції також можна розширити до 4D, 5D тощо. У двовимірному 2D-шумі кожна точка в просторі шуму визначається двома координатами: x і y . Вихідні дані функції шуму в кожній двовимірній точці є одним значенням, яке представляє інтенсивність або висоту шуму в цій точці. У тривимірному 3D-шумі кожна точка в просторі шуму визначається трьома координатами: x , y та z . Вихідні дані функції шуму в кожній 3D-точці представлені єдиним значенням, як і у 2D-шумі, але їх можна використовувати для створення 3D-ландшафтів, об'ємних ефектів та інших тривимірних структур (рис. А.196-А.202) [94].

Для генерації текстур в якості прикладу реалізації, використано високорівневу об'єктно-орієнтовану мову програмування Python. Було обрано спрощену реалізацію за допомогою модулів `matplotlib` для візуалізації отриманих даних та `perlin_noise`, що має реалізований алгоритм для генерації шуму Перліна.

За допомогою вищевказаного програмного коду шляхом зміни параметрів (`seed`, октави, роздільна здатність сітки) було згенеровано два масиви зображень текстур шумів для подальшого візуального аналізу (табл. 15, табл. А.16). Отже, нами запропоновано альтернативний спосіб

генерації текстур шуму за допомогою Python та модуля Matplotlib [17]: Перевагою даного метода є простота та можливість налаштування генератора шуму для вирішення багатьох потреб, в тому числі – удосконалення сканування обличчя людини вирішенням зворотної задачі шляхом гасіння шумів. Недоліком поки що залишається невисока розподільна здатність (750 x 750 пікселів) генерованих текстур.

Для наочної демонстрації впливу шуму на якість текстурування об'єктів використано візуальне програмування у середовищі Node Editor (рис. А.203). Для подальшого візуального аналізу було використано два об'єкти (actor): пласка поверхня (rectangle) та сфера (sphere). Для пласкої поверхні було створено та застосовано два матеріали на основі стандартних матеріалів іржі (M_Metal_Rust) та трави (M_Ground_Grass) з використання згенерованого шуму (табл. А.17). Вони дозволять провести візуальний аналіз для визначення ефективності додавання природності текстурам. На сферу (рис. А.204) було нанесено матеріал безпосередньої текстури шуму для визначення ефективності рівномірного розподілення текстури.

Вищенаведені у Додатку А зображення вказують на основний недолік запропонованої генерації, а саме генерацію двовимірного шуму, що має низьку ефективність при застосуванні до тривимірних об'єктів. Для вирішення цієї проблеми можна інтегрувати власну функцію генерації тривимірного шуму безпосередньо в ігровий рушій, використовуючи низькорівневу мову програмування C++. Написання спеціалізованої функції дозволить отримати значення шуму для кожної тривимірної координати в системі, а отже, забезпечити природну та безперервну текстуру для 3D-об'єктів. Також можливо створити іншу спеціалізовану функцію, що буде використовувати попередньо згенерований за допомогою Python масив даних. Таким чином, інтеграція спеціалізованих функцій для використання готових даних або генерації тривимірного шуму безпосередньо в графічному рушії дозволить вирішити недолік існуючих підходів та забезпечить більш природну та переконливу візуалізацію процедурних текстур на 3D-об'єктах.

Таким чином, проведені дослідження дали змогу описати шляхи генерації та використання шумів в Ureal Engine шляхом використання класичного шуму Перліна. Такий теоретичний підхід має на меті якісно удосконалити виконання проєктних завдань щодо створення різноманітних дизайн-продуктів, отриманих шляхом 3D-сканування відповідно до заданих параметрів. Використання ефекту шумів здатне забезпечити якісне 3D-сканування для проєктування захисних масок з гарною обтюрацією обличчя людини, а також побудови тривимірної моделі високої точності. Такий підхід до проєктування надійних засобів захисту органів дихання потребує застосування ефективних пакетів матеріалів високої фільтрації, забезпечення їх якісного прилягання до обличчя людини, а головне – грамотного і обґрунтованого застосування сучасних інноваційних технологій у процесах проєктування та виготовлення асортименту виробів різного асортименту відповідно функції призначення. Окремо зазначимо, що складність формоутворення виробів простих форм – масок – вимагає вирішення складних розрахункових завдань з моделювання та оптимізації проєктних рішень у програмних продуктах щодо визначення рівня та налаштування освітлення, удосконалення точності вимірів обличчя, застосування додатків, збору та обробки даних в 3D-модель тощо. Створення окремого програмного забезпечення для всіх етапів проєктування та виготовлення засобів захисту органів дихання вимагає ретельного вивчення усіх вихідних умов, в тому числі непередбачуваних (особливості обличчя, пропорційність розмірів, якість матеріалів та полімерів тощо). Подальше виготовлення новостворених дизайн-продуктів має відбуватися з урахуванням особливостей конструктивного устрою ЗІЗОД за сучасними інноваційними технологіями та з використанням різноманітних матеріалів. При використанні полімерів як основного компоненту матеріалів одношарових масок для виготовлення за адитивними технологіями вимагає вхідного контролю якості сировини для подальшого 3D-друку. Таке застосування ІТ-інновацій та оригінальних підходів до формоутворення виробів захисту органів дихання

потребує створення адаптивних форм з урахуванням вимірів обличчя людини при проєктуванні масок на індивідуальне замовлення споживачів.

3.3. Візуалізація та вибір 3D-сканера і програмного забезпечення для проєктування та виготовлення захисної маски адитивними методами

Спалах пандемії коронавірусу загострив питання захисту обличчя ефективними масками. Однак не всі маски однаково ефективні, зручні та естетично відповідні. Попередні дослідження показали, що поточний розвиток дизайну масок для обличчя за допомогою 3D-сканерів вказує на високий потенціал і перспективи застосування сучасних технології у поліпшенні якості проєктування. Основні вимоги до конструктивного устрою засобів захисту, кількості шарів, ступенів обтюрації тощо визначаються формою та розмірами масок, а також особливостями антропометрії споживачів. Окремо також зазначено, що неналежне носіння маски може нанести шкоду здоров'ю людини; основні рекомендації щодо ефективного захисту полягають також у тому, що маска має щільно прилягати, забезпечуючи гарну обтюрацію та відсутність зазорів; маску потрібно одягати чистими руками і не торкатися під час використання; маску слід знімати, тримаючи за еластичні смуги в напрямку «назад» для запобігання розповсюдження інфекції; забезпечення гігієни рук є конче необхідним. тощо. Усе це накладає додаткові умови на конструктивний устрій та технологічні вимоги щодо виготовлення різних типів захисних масок/респіраторів. Сканування обличчя людини з метою проєктування ЗІЗОД вимагає проведення точних вимірів для підвищення ефективного захисту людини в масці/респіраторі [230].

Вище розглянуто і визначено, що застосування 3D-сканерів надає змогу удосконалити процес моделювання виробів для отримання точних і детальних зображень абрисів людського обличчя, які можна використовувати для створення масок/респіраторів за індивідуальними розмірами. 3D-сканери здатні забезпечити точні і докладні зображення особливостей обличчя людини, які можуть бути використані для створення різновидів

індивідуальних 3D-моделей масок. Такі маски можна адаптувати під форму, розмір, особливості та потреби кожного користувача: маски можуть бути різних рівнів захисту, повітропроникності, терморегуляції, зволоження, аромату, сенсорного зворотного зв'язку, інтелектуальних функцій тощо. Отже, необхідність підвищеної точності сканування обумовлено тим, що ефективність захисту напряму залежить від якості прилягання маски до обличчя та її відповідності розміру обличчя людини. Дизайнери і інженери шукають нові шляхи для вирішення цієї проблеми використанням 3D-сканерів і 3D-принтерів. З іншого боку, проведення процесу сканування потребує застосування зручного обладнання, здатного швидко провести ці процеси. Актуалізуються можливості забезпечення достатньо ефективного використання, а також обґрунтування доцільності вибору технічних засобів, приладів та програмного забезпечення для вирішення проєктних задач. Мова іде про можливості застосування пасивних 3D-сканерів, сучасних смартфонів з відповідним програмним забезпеченням, здатних виконувати окремі завдання відповідно до послідовності дій, саме алгоритму процесу. Виготовлення спроектованих виробів здатне відбуватися на 3D-принтерах, які дозволяють забезпечити швидкий та економічний випуск захисних масок з різних матеріалів: пластику, гуми, тканин, різновидів нетканих матеріалів, біополімерів, композитів тощо та різних конструктивно-естетичних рішень, кольорів, текстур, принтів, деталей, аксесуарів тощо.

Відповідно до завдань дослідження, нами обґрунтовано вибір 3D-сканера з відповідним програмним забезпеченням та відомої операційної системи для оцифровування/сканування обличчя людини на основі аналізу характеристик наявних на українському ринку 3D-пристроїв. Антропометричні вимірювання голови людини і обличчя, а також сканування манекену у масці використовується у сучасному дизайні одягу [35, 73 85, 93, 127-129, 144, 169, 170, 174, 230, 231], а також для проєктування різновидів взуття, аксесуарів, допоміжних елементів у спорядженні одягу спеціального та військового призначення. Саме тому нами підготовлено манекен людини у

захисній масці (рис. А.165) для проведення експериментальних випробувань щодо визначення особливостей та візуального оцінювання здатності прилягання різновидів захисних масок/респіраторів до обличчя людини.

Результати антропометричних вимірів оброблюються з використанням сучасних методів. На основі аналізу наукових праць було виявлено різні підходи до усвідомленого вибору різних технологій оцифровування людського обличчя.

У дослідницьких, медичних і комерційних застосуваннях найбільше використовуються вартісні стаціонарні системи 3D-сканування. Найчастіше використовується відома поширена високотехнологічна система для отримання високодеталізованих і точних тривимірних зображень людського обличчя 3dMDface [179]. Проте дослідження іноземних вчених стверджують, що можна використовувати менш дорогі та прості у використанні системи для виконання завдань, для яких точність не є ключовим фактором.

Дослідження довели, що поточний розвиток дизайну захисних масок для обличчя з використанням 3D-сканерів та інноваційних принтерів вказує на високий потенціал і перспективність цієї технології для покращення якості життя, здоров'я, безпеки, комфорту та естетики навколишнього середовища шляхом застосування креативності та інновацій у практиці проектування. Основні вимоги до дизайну захисних масок були визначені з метою заохочення дизайнерів та інженерів до пошуку та розробки нових рішень, які відповідають поточним і майбутнім викликам і змінам у суспільстві, науці, техніці, політиці та інших сферах.

Дослідженнями також виявлено, що масове та повсякденне використання засобів індивідуального захисту органів дихання загострило проблему теплообміну обличчя, тому сканування температури різних ділянок обличчя та виготовлення ергономічних ЗІЗОД є актуальним варіантом її розв'язання [30]. Для реалізації апаратної частини автором було обрано такі засоби: мікроконтролер ArduinoNano на базі ATmega328, інфрачервоний датчик MLX90614ESF, драйвер крокового двигуна A4988, кроковий двигун та

два серводвигуни. Використання крокового двигуна та триосьової системи з серводвигунами дозволить рівномірно сканувати обличчя; на рис. А.205 відображено принципову електричну схему готової апаратної частини.

Для реалізації програмної частини використано бібліотеки `ArduinoOneWire`, `Servo` – для керування до 12 сервомоторами [30], `stepper` для керування кроковим двигуном. Обробка створеного двовимірного масиву даних була виконана засобами мови Python 3 та бібліотеками `matplotlib` [255] та `pympl` [309] – для візуалізації та роботи з масивами. Візуалізація `heatmap` засобами `matplotlib` відбувається шляхом відображення значень масиву холодними та теплими кольорами; Приклад `heatmap` (теплової карти) при рівномірному скануванні обличчя зображено на рис. А.206.

Отримання теплової карти обличчя дозволяє оцінити щільність прилягання маски до обличчя під час сканування завдяки інфрачервоному зображенню та на основі інтерпретації даних з датчика засобами `matplotlib`. Такий процес сканування обличчя із застосуванням авторських програмних продуктів [30] сприяє удосконаленню дизайну ефективних ЗІЗОД з урахуванням вимог ергономічності. У військовому одязі отримання теплових карт також дозволить частково покращити контроль теплообміну обличчя людини у ЗІЗОД для різних умов середовища.

3.4. Розробка алгоритму створення 3D-моделі та реалізації проєктних рішень ергономічної захисної маски за інноваційними технологіями

Ефективність ЗІЗОД залежить від їх відповідності антропометричним розмірам голови та обличчя людини [129]. Проведена вище систематизація різновидів захисних масок/респіраторів надала змогу удосконалення конструктивного устрою асортименту виробів відповідно до їх структури та кількості шарів. Тому, нами проведено дослідження визначення особливостей та візуального оцінювання здатності прилягання різновидів захисних масок/респіраторів до обличчя людини. Приклади застосування різновидів масок на експериментальному манекені наведено на рис. 2.

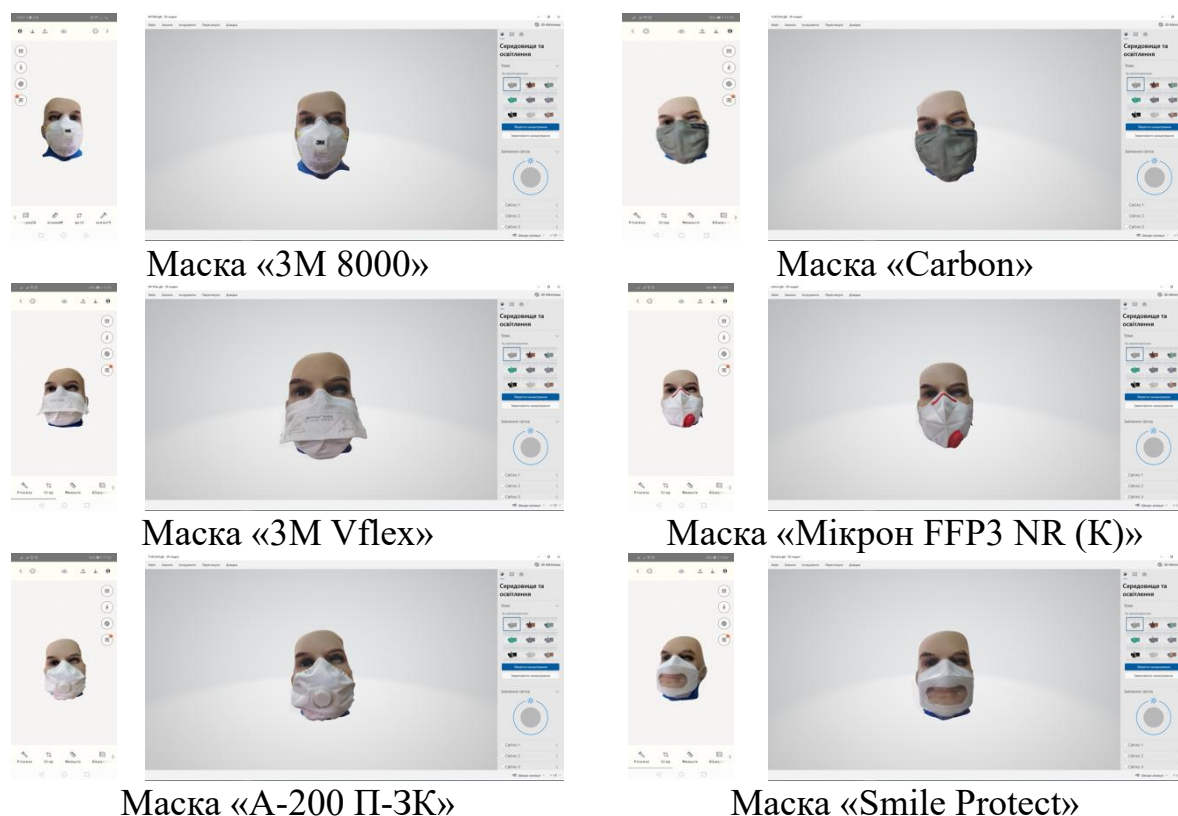


Рис. 2. Дослідження різновидів захисних масок на манекені

Також за участі автора підготовлено проєктні пропозиції, запропоновано технологічні заходи, а також окремі розділи нормативної документації для виробничого випуску тканинних масок серії «Carbon» за ТУ У 13.9-43636172-001:2020 «Маски захисні з карбоновим біоцидним фільтром «Carbon-Guard». Технічні умови» («Carbon-Guard» та «Carbon-Guard G+») (рис. А.97-А.104).

Відповідно до вищезазначеного, 3D-сканування є найпоширенішою технологією, що може використовувати LiDAR-датчик, який вимірює відстань до об'єктів та створює точні мапи по точковим хмарам/point cloud поверхні. Це може використовуватись для сканування кімнат, деталей архітектури або будь-яких інших об'єктів, що вимагають високої точності. Серед найбільш популярних інтернет-магазинів додатків, ігор, музики, книг для мобільних пристроїв з операційними системами Android і iOS відомими є «PlayMarket» та «AppStore» [33; 185]. Ці магазини надають можливість користувачам завантажувати, встановлювати та оновлювати різноманітні програми на

смартфонах та інших пристроях, що працюють на відповідних операційних системах. Систематизовано характеристики програмного забезпечення для смартфонів доступних на платформі цифрової дистрибуції Google Play на базі операційної системи Android та App Store на базі операційної системи iOS; наведено у табл. А.18-А.19.

На основі аналізу характеристик (використання датчиків та оцінок користувачів) було обрано програму для телефонів з операційною системою Android – «Polycam», адже для роботи вона може використовувати технологію LiDAR та має найвищі оцінки користувачів. Для смартфонів та планшетів Apple (iPhone/iPad) раціональним вибором буде програма(додаток) «Scaniverse», через використання технології LiDar та найвищі оцінки користувачів [267].

Для подальшого дослідження було обрано смартфон на базі операційної системи Android та додаток «Polycam». На основі аналізу характеристик (використання датчиків та оцінок користувачів) було обрано програму для телефонів з операційною системою Android – «Polycam», адже для роботи вона може використовувати технологію LiDAR та має найвищі оцінки користувачів. Для смартфонів та планшетів Apple (iPhone/iPad) раціональним вибором буде програма(додаток) «Scaniverse», через використання технології LiDar та найвищі оцінки користувачів. Для подальшого дослідження було обрано смартфон на базі операційної системи Android та додаток «Polycam». Для подальших досліджень обрано різновиди масок (рис. 2); для прикладу наведено повсякденні хірургічні/медичні маски як найбільш широкоживані. Відомо [12], що маска прикриває рот, ніс і підборіддя, утворюючи бар'єр для аерозолів, пилу та 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 із текстильних або нетканих матеріалів, з одного і більше шарів матеріалів з різними властивостями. Приклад використання оцифрованих моделей маски та маски на обличчі людини наведено на рис. А.207.

Об'єктом сканування у дослідженнях було обрано хірургічну маску як окремий об'єкт, а також хірургічну маску на обличчі за допомогою смартфона на базі операційної системи Android та додатку «Polycam». Оцифровування відбулось за рахунок створення масиву фотографій (рис. А.207 а) та їх подальшої обробки на сервері розробника. Готову модель маски на обличчі (рис. А.207 б) можна експортувати в різних форматах (рис. А.207 в).

Для редагування STL-файлів використовують різні програми [28]. Найпопулярнішим серед безкоштовних програм є Blender [117] – програмний пакет з відкритим кодом (розповсюджується під ліцензією GNU GPL) для 3D-моделювання, анімації, рендеринга, пост-продакшену. Користується популярністю для роботи над комерційними та некомерційними проектами.

Також відомим є Tinkercad [32] – онлайн-інструментом від Autodesk, що робить доступним для використання на багатьох пристроях. Користується популярністю серед освітян та студентів через простий інструментарій зрозумілий для початківців і дозволяє швидко модифікувати STL файли.

Слід зазначити про SolidWorks [326] як платне професійне програмне забезпечення для 3D-моделювання, що широко використовується у сфері інженерного проєктування, інноваційного дизайну, проєктуванні новітніх дизайн-продуктів. Цей програмний продукт дозволяє користувачам створювати детальні 3D-моделі компонентів та збірок. SolidWorks як параметричне моделювання забезпечує високу точність та контроль створення різноманітних продуктів сучасного дизайну, дозволяючи легко модифікувати та оновлювати проєкти. Програмний пакет може бути використано для редагування STL-файлів. Для прикладу роботи графічного редактора нами було обрано безкоштовну програму Blender через високу швидкість роботи та доступність на багатьох операційних системах персональних комп'ютерів. Засвідчено, що 3D-візуалізація хірургічної маски на манекені голови дозволяє відтворювати її об'ємну форму, фіксує точки розміщення додаткових елементів, пластичність матеріалів. Вона унаочнює щільність прилягання маски на підборідді, вилицях, носі тощо та його відсутність нижче рівня вилиць через натяг тасьм

на вухах, під очима. Візуальний аналіз 3D-моделей також підтвердив фіксацію маски на обличчі за допомогою носових фіксаторів, зав'язок-фіксаторів/тасьм на вухах, голові тощо; ступінь закритості обличчя. Сукупність графічних презентацій 3D-моделей маски дозволила осмислити форму, розмір, положення на обличчі, конструктивні та композиційні складові дизайну маски. Отриману 3D-модель експортовано в графічний редактор «Blender» в STL-форматі для подальшого редагування. Робоче вікно (інтерфейс) програми «Blender» та об'єкт для редагування наведено на рис. А.208; робоче вікно Інтерфейс програми для візуалізації готових моделей: а – маски на обличчі; б – маски наведено на рис. А.209. 3D-моделі хірургічної маски на обличчі та редагована хірургічна маска зображено на рис. А.210.

Фотореалістичність та висока деталізація 3D-моделі маски на манекені голови дозволила максимально точно передати всі візуальні особливості дизайн-рішення без спотворень чи викривлень, проаналізувати пластичність матеріалів, оцінити загальну естетику. Якість графічної презентації безпосередньо сформувала відповідні візуальні асоціації та загальне враження від побаченого.

Отже, відтворена 3D-модель маски повною мірою передає її об'ємну форму, конфігурацію у різних проєкціях, ступінь закритості обличчя, розміщення еластичних тасьм, фіксатора. Ті або інші естетичні та інші показники «зчитуються» в різних проєкціях. Так, візуалізація фіксації маски на підборідді є найбільш інформативною на виді знизу (рис. А.210, є, ж, з). Розміщення зав'язок-фіксаторів на вухах, голові, а також маски на вилицях в повному обсязі продемонстровано на виді збоку (рис. А.210 г-е). Найбільш інформативними зображеннями розміщення фіксатора – металевої гнучкої пластинки, на носі манекену голови відображено на виді згори (рис. А.210 а-в).

Пластичні властивості та фактуру нетканого матеріалу маски презентовано у всіх тривимірних проєкціях. Із-за натягу верхнього краю маски зафіксовано відсутність прилягання маски під очима. У фронтальній проєкції обличчя маска по висоті повністю закриває підборіддя та частково спинку носа

(не менше $1/3$ довжини носу). По ширині маска закриває майже все обличчя. Пластичні властивості нетканого матеріалу продемонстровано у зміні форми маски. М'які глибокі складки, що виходять з бічних сторін, повністю розходяться до вертикальної центральної лінії маски у фронтальній проєкції, створюючи об'єм та водночас натяг (рис. А.211 д). Також завдяки пластичним властивостям матеріалу також відмічено плавний перехід силуету у сагітальній проєкції від верхньої частини обличчя до нижньої, що спрощує силует, але не спотворює, та сприймається в цілому природньо (рис. 3).

Отримані 3D-моделі різновидів масок (рис. 3) вказують, що їх форма спрощено та у загальних рисах повторює форму тієї частини обличчя людини, яку вона закриває. При цьому у фронтальній площині виріб майже повторює контур обличчя за виключенням випуклості, утвореною нижче рівня вилиць.

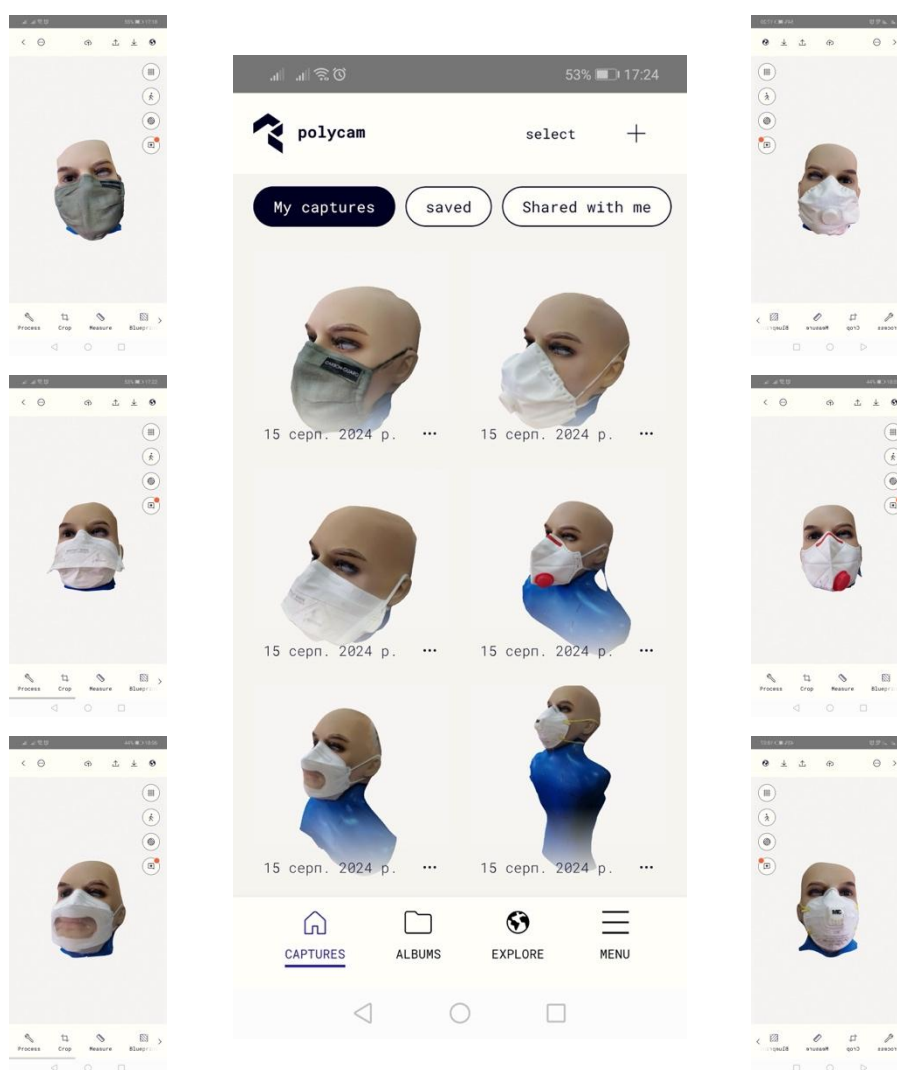


Рис. 3. 3D-моделі різновидів масок на манекені у різних проєкціях

Її візуалізовано по бічним краям маски за рахунок натягу тасъм, що не завжди сприймаються естетично, бо спотворює природну форму обличчя. Маска щільно прилягає на підборідді, вилицях через еластичні стрічки, основі носу за допомогою носового фіксатора, забезпечуючи ергономіку виробів. Питання естетики формоутворення природної форми обличчя людини у масці потребує комплексного вирішення шляхом обґрунтованого вибору матеріалів для виготовлення асортименту захисних та медичних масок відповідно функції призначення.

Разом з тим, відповідно до поставлених завдань, для виготовлення одношарових захисних масок за індивідуальними розмірами обличчя людини, нами запропоновано проєктування одношарової ергономічної захисної маски за інноваційними технологіями. Це дозволить вирішити проблему дефіциту масок під час надзвичайних ситуацій, а також забезпечити додатковий випуск ефективних одношарових масок з гарною обтюрацією. Проведені дослідження дозволили систематизувати наявні підходи до проєктування захисних масок і розробити алгоритм проєктування ЗІЗОД з урахуванням результатів 3D-сканування обличчя.

Розроблений алгоритм 3D-проєктування масок відрізняється від інших тим, що додатково на кожному етапі перетворення сканованого зображення обличчя працівника у цифрове зображення поверхні маски, яку можна виготовити на 3D-принтері, додається перевірка на відповідність індивідуальним параметрам обличчя: оцінка параметрів полігональної моделі голови, перевірка відповідності зображення, перевірка щільності прилягання дослідного зразку при рівномірному скануванні обличчя із застосуванням теплових карт.

Відповідно до завдань дослідження, нами розроблено та опрацьовано алгоритм проєктування ергономічної захисної маски за інноваційними технологіями; створений алгоритм представлено на рис. 4.

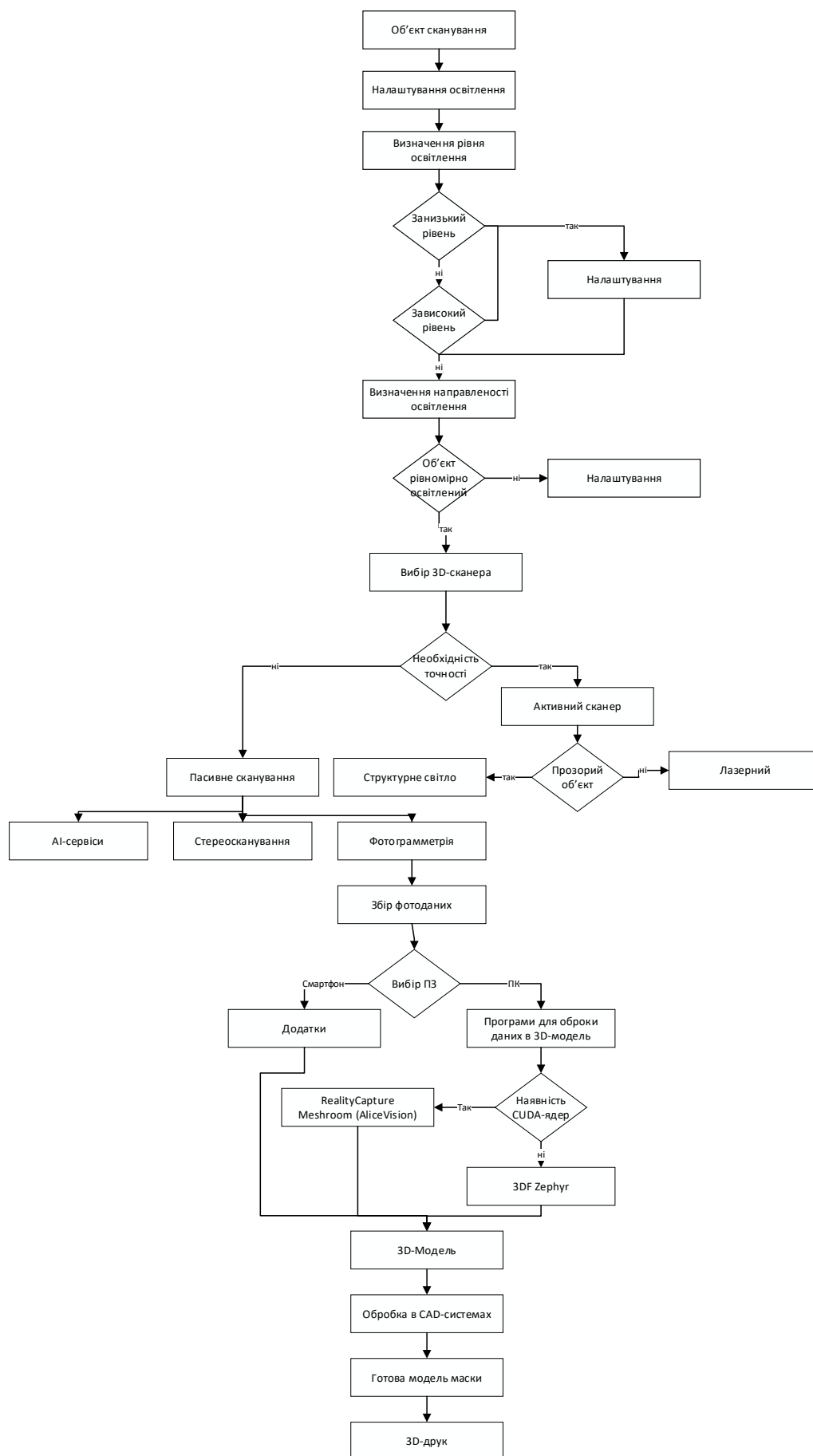


Рис. 4. Алгоритм проектування ергономічної захисної маски за інноваційними технологіями

Для реалізації новоствореного алгоритму треба уточнити проекції контурів смуги обтюрарції масок, а під час сканування – перетворити скановані зображення голови та обличчя людини з хмари точок з нанесеними сплайнами у цифровий вигляд з відповідною розміткою і координатами. Отримані цифрові моделі голови з різними антропометричними параметрами відповідно до типорозміру дозволяють перенесення у тривимірну систему координат ключових антропометричних точок обличчя. При цьому, фіксується положення ключових точок на 3D-зображенні обличчя, а також на координатній сітці; шляхом лінійної інтерполяції можна отримати 3D-моделі поверхні маски на координатній сітці для подальшого виготовлення методом 3D-друку. Для виготовлення таких одношарових масок можуть слугувати різновиди термопластичних матеріалів (р.2.1) для забезпечення можливостей утилізації.

Розроблений авторський алгоритм передбачає виконання декількох етапів. На першому етапі необхідно визначити розміри обличчя потенційних споживачів як об'єкту сканування, нанести на 3D-модель голови отримані референсні розміри, розрахувати площу контакту з обличчям. Наступні етапи передбачають налаштування освітлення та визначення його рівня (р.2.4.1), а також визначення направленості освітлення для забезпечення якості сканування. Подальші етапи передбачають вибір 3D-сканера, здатного забезпечити необхідні вимоги щодо точності сканування. Як вже зазначено вище, нами запропоновано використання пасивного сканування використанням фотограмметрії. Для цього треба зібрати необхідний контент фото, обрати програмне забезпечення та необхідні додатки та програми для обробки даних в 3D-модель. На цих етапах нами використано підходи щодо гасіння шумів (в разі необхідності) для отримання точних контурів відповідного дизайн-продукту, що більшою мірою гарантує якість готових виробів при їх виготовленні методом 3D-друку; цей процес докладно розкрито у багатьох публікаціях [31-36; 48-50; 230; 231]. Варто зазначити необхідність проведення подальших досліджень з розробки дизайну масок для різних типів

обличчя та здійснення натурних досліджень проєктованих в такий спосіб масок, що дозволить удосконалити процес визначення основних антропометричних рис обличчя, які найбільшою мірою впливають на конструктивний устрій та, відповідно, ефективність масок. Отримана 3D-модель маски після оброблення у відповідних CAD-системах може бути відповідним чином роздрукована засобами адитивного 3D-друку.

Дизайн таких масок відповідає вимогам естетики, ергономіки; виготовлення таких масок за індивідуальними розмірами споживача забезпечує ефективний захист та гарну обтюрацію. В якості матеріалів для виробництва таких одношарових масок запропоновано застосування різновидів термопластичних еластомерів, що полегшує їх переробку та подальшу утилізацію.

Висновки до розділу 3

1. Розглянуто інноваційні технології як ключові чинники дизайну у формуванні робочих процесів та стимулюванні креативності при створенні сучасних ЗІЗОД. Доведено, що особливість їх проєктування полягає у змінності в широкому діапазоні багатьох вихідних параметрів: антропометрії обличчя, кількості шарів матеріалів, мінливості показників умов праці, змін у фізіологічному і психологічному станах людини тощо. Визначено напрями розвитку інноваційного дизайну сучасних ЗІЗОД на основі досліджень із використанням Шеффілдівського манекену голови людини і термограм для прогнозування розміщення критичних точок смуги обтюрації обличчя.

2. Запропоновано використання об'єктно-орієнтованої мови програмування Python для удосконалення візуалізації зображень при створенні захисної маски як інноваційного дизайн-продукту. Виявлено, що величезна екосистема бібліотек Python забезпечує можливості первинної обробки зображень, застосовування фільтрів і видобування інформації з візуальних даних, перетворюючи складні дані у візуальне змістовне представлення.

3. Визначено, що функціональні можливості при виборі локації, ефектів освітлення, підбору ракурсів дозволяють отримати високоякісне зображення з чіткою деталізацією частин виробів та їх презентації у динамічному та реалістичному форматі. Запропоновано вибір дизайну захисного спорядження та окремих захисних елементів одягу для використання в умовах надзвичайних ситуацій або бойових дій на основі симуляції за допомогою Unreal Engine, що надалі дозволить змінити підхід до оптимізації логістики багатьох дизайн-процесів шляхом застосування шумів як потужного інструменту у розробці графічних дизайн-продуктів.

4. Запропоновано альтернативний спосіб генерації текстур шуму за допомогою Python та модуля Matplotlib для Unreal Engine. Такий підхід у подальшому дозволить вирішити проєктне завдання щодо гасіння шумів та удосконалити сканування обличчя людини з метою отримання точного контуру 3D-моделі захисної маски. Зазначено, що написання спеціалізованої функції, яка використовуватиме попередньо згенерований за допомогою Python масив даних, дозволить отримати значення шуму для кожної тривимірної координати в системі та забезпечити більш природну і переконливу візуалізацію процедурних текстур на 3D-об'єктах.

5. Визначено доцільність застосування 3D-сканерів для отримання точних і детальних зображень абрисів людського обличчя. Актуалізовано можливості забезпечення їх ефективного використання, а також обґрунтування доцільності вибору технічних засобів, приладів та програмного забезпечення у вирішенні проєктних задач для створення різновидів індивідуальних 3D-моделей масок. Запропоновано 3D-проєктування та виготовлення адитивними методами одношарової ергономічної захисної маски за сучасними інноваційними технологіями.

6. Виявлено та загострено проблему теплообміну обличчя при використанні засобів індивідуального захисту органів дихання. Актуалізовано необхідність сканування температури різних ділянок обличчя як варіант її розв'язання. Запропоновано апаратно-програмний комплекс для

рівномірного сканування теплових сигнатур обличчя та створення теплових карт із застосуванням авторських програмних продуктів.

7. Узагальнено підходи до усвідомленого вибору різних технологій оцифровування людського обличчя. Обґрунтовано доцільність вибору хірургічної маски для повсякденного носіння через їх розповсюдженість та частоту використання; для сканування обрано різновиди широкоживаних хірургічних масок. Підготовлено експериментальний манекен людини у захисній масці для проведення випробувань щодо визначення особливостей та візуального оцінювання здатності прилягання різновидів захисних масок/респіраторів до обличчя людини.

8. Обґрунтовано доцільність вибору та використання пасивних 3D-сканерів з відповідним програмним забезпеченням на основі сучасних смартфонів з операційними системами iOS та Android для застосування у проєктних пропозиціях; запропоновано критерії вибору програмного забезпечення для оцифровування обличчя людини в масці та візуалізації проєктного образу. Представлено зображення робочого вікна (інтерфейсу) додатку «Polyscan» на різних етапах оцифровування обличчя у масці, створення та експорт 3D-моделі. На основі аналізу досліджень надано рекомендації щодо використання пристрою та програмного забезпечення для візуалізації засобів індивідуального захисту органів дихання; пошуку інноваційних проєктно-технологічних рішень у естетичному створенні 3D-моделі обличчя людини у захисній масці для повсякденного носіння.

9. Охарактеризовано участь автора у підготовці проєктних пропозицій, запропонованих технологічних заходах, а також окремих розділів нормативної документації для виробничого випуску тканинних масок серії «Carbon» за ТУ У 13.9-43636172-001:2020 «Маски захисні з карбоновим біоцидним фільтром «Carbon-Guard». Технічні умови» («Carbon-Guard» та «Carbon-Guard G+»).

10. Розроблено та опрацьовано алгоритм інноваційного проєктування з урахуванням результатів 3D-сканування обличчя та виготовлення

одношарових захисних масок методом 3D-друку на основі систематизації наявних підходів до створення сучасних дизайн-продуктів. Отримана 3D-модель маски після оброблення у відповідних CAD-системах може бути відповідним чином роздрукована засобами адитивного 3D-друку. Виготовлення таких одношарових масок за індивідуальними розмірами споживача забезпечується використанням різновидів термопластичних матеріалів відповідно до екологічних вимог. Дизайн новостворених масок відповідає вимогам естетики, ергономіки та забезпечує ефективний захист.

Основні результати цього розділу дисертації апробовано в доповідях [17, 31-33, 39, 45, 50, 54, 230], опубліковано в статтях [1, 34, 35, 231].

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Дисертаційне дослідження присвячено вирішенню актуального та важливого наукового завдання систематизації ключових напрямів інноваційного розвитку у проєктуванні засобів захисту дихання, вивченню актуальних тенденцій та методів, а також визначення перспективних векторів удосконалення конструкцій та матеріалів. Це дозволило не лише виявити існуючі проблеми та обмеження, а й сформуванати науково обґрунтовані рекомендації щодо подальшого розвитку проєктування засобів захисту дихання у контексті глобальних викликів сучасності.

1. Аналіз сучасного стану проблематики дизайну виробів для захисту органів дихання довів мультидисциплінарність предмету дослідження, зважаючи на стрімкий розвиток глобалізаційних викликів та формування нової концепції безпеки, що базується на синтезі функціональності, естетики та технологічної досконалості. Історичний огляд визначив, що концепція створення сучасних засобів захисту дихання лишилася майже незмінною з початку ХХ ст., але сьогодні формування нових підходів до проєктування спирається на методологічні принципи дизайну як науки, в рамках якої розробляються інноваційні рішення. Виявлено, що наукові та проєктні практики потребують пошуку нових підходів, технологічних засобів і концепцій у підвищенні ефективності сучасних різновидів, забезпечуючи вимоги до естетики виробів новостворених дизайн-продуктів. Визначено, що таке проєктування орієнтоване на стійкість, ергономічність та функціональну ефективність, яскраво проявляється у дизайні засобів захисту органів дихання, де інноваційні методології та новітні матеріали стають визначальними у створенні безпечного та комфортного середовища для людини.

2. Обґрунтовано комплексний підхід як універсальну методологію та інтеграцію можливостей впровадження перспективних інноваційних технологій. Аналітичними дослідженнями джерельної бази доведено, що вивчення особливостей розвитку засобів індивідуального захисту органів дихання у ХХІ столітті трансформується з вузькоспеціалізованого

інженерного процесу в комплексну міждисциплінарну область, що інтегрує дизайн, біомедичну інженерію, ергономіку та матеріали. Визначено, що естетичні аспекти дизайну та його складових є малодослідженим напрямом художнього проектування, а сучасні тенденції диктують необхідність не тільки підвищення ефективності фільтраційних та ізолюючих властивостей захисних засобів, але й адаптації їх до різних умов експлуатації, покращення комфорту, естетики та зручності використання.

3. Проаналізовано асортимент сучасних текстильних матеріалів і полімерних композитів для виготовлення засобів захисту органів дихання та їх елементів. Вивчено та класифіковано різновиди текстильних матеріалів за стандартизованими характеристиками і властивостями щодо вимог безпеки та ефективності. Досліджено структурування шарів матеріалів у визначенні фільтраційної здатності засобів захисту органів дихання, запропоновано використання відомостей про сучасні стратегії виробництва нових типів масок. Закцентовано на доцільності застосування високоактивних вуглецевих сорбційних матеріалів та нанотехнологій при виробництві ефективних фільтрів. Підготовлено проєктні пропозиції, запропоновано технологічні заходи, а також окремі розділи нормативної документації для виробничого випуску тканинних масок серії «Carbon». Розглянуто захисну маску як естетичний акцент в образі, досліджено взаємозв'язок функціональності маски та візуальної привабливості людини у масці. Наведено потенційні прототипи та адаптивні пропозиції у створенні вітчизняних сучасних засобів захисту органів дихання інноваційними методами із сучасних полімерних матеріалів.

4. Узагальнено проєктні рішення і новітні тенденції, систематизовано сучасні різновиди фільтрувальних масок і респіраторів для широкого використання. Визначено, що ключовими ознаками надійності ЗІЗОД є ефективність забезпечення фільтрації матеріалів та прилягання маски. Досліджено ергономіку використання, антропометрію обличчя та удосконалення посадки маски як чинники забезпечення ефективного захисту. Актуалізовано питання вимірювань масок та відповідного вимірювання

обличчя людини для розробки проектного рішення за вимог підгонки ергономічної маски, а також естетики обличчя. Запропоновано використання технологій обробки зображень для визначення антропометричних точок обличчя; виявлено 3D-антропометрію ефективним і безпечним методом вимірювання. Запропоновано забезпечення надійності обтюраторів на основі аналізу зв'язку розмірів обличчя та підгонки масок і респіраторів. Виявлено та загострено проблему теплообміну обличчя при використанні засобів індивідуального захисту органів дихання; актуалізовано необхідність сканування температури різних ділянок обличчя. Запропоновано апаратно-програмний комплекс для рівномірного сканування теплових сигнатур обличчя та створення теплових карт із застосуванням авторських програмних продуктів.

5. Визначено 3D-сканування основним засобом антропометричних вимірювань за допомогою відповідного програмного забезпечення із подальшою перевіркою валідності отриманих 3D-моделей. Уточнено класифікацію різновидів 3D-сканерів. Зазначено, що головним чинником залишається якість 3D-сканування та отримання точних віртуальних копій відповідних дизайн-продуктів з метою відтворення їх за інноваційними технологіями методами 3D-друку. Досліджено технологічні та апаратні особливості 3D-сканування для створення цифрової 3D-моделі просканованого об'єкта або простору. Визначено, що функціональні можливості при виборі локації, ефектів освітлення, підбору ракурсів дозволяють отримати високоякісне зображення з чіткою деталізацією частин виробів та їх презентації у динамічному та реалістичному форматі. Розроблено модель освітлення при 3D-скануванні людського обличчя для вирішення проблеми коригування та переоцінки текстури 3D-моделі. Обґрунтовано вибір та застосовано оновлене програмне забезпечення для сканування обличчя на основі аналізу асортименту додатків, а також подальшого використання шумів і покращення якості освітлення. Запропоновано використання загальних

додатків у віртуальних 3D-середовищах за наявності впливу шумових ефектів для забезпечення якості тривимірного сканування.

6. Доведено, що якісна 3D-візуалізація дизайн-об'єкту дозволяє проаналізувати композиційну рівновагу форм та співвідношення функціональних елементів для досягнення естетичної привабливості обличчя людини у масці. Запропоновано використання об'єктно-орієнтованої мови програмування Python для удосконалення візуалізації зображень при створенні захисної маски як інноваційного дизайн-продукту. Визначено доцільність застосування 3D-сканерів для отримання точних і детальних зображень абрисів людського обличчя. Актуалізовано можливості забезпечення їх ефективного використання, а також обґрунтування доцільності вибору технічних засобів, приладів та програмного забезпечення у вирішенні проєктних задач для створення різновидів індивідуальних 3D-моделей масок.

7. Запропоновано інноваційне 3D-проєктування та адитивне виготовлення одношарової ергономічної захисної маски. Наведено зображення інтерфейсу додатку «Polysam» на різних етапах оцифровування обличчя у масці, створення та експорт 3D-моделі. На основі аналізу досліджень надано рекомендації щодо використання пристрою та програмного забезпечення для візуалізації засобів індивідуального захисту органів дихання; пошуку інноваційних проєктно-технологічних рішень у естетичному створенні 3D-моделі обличчя людини у захисній масці для повсякденного носіння. Розроблено та опрацьовано алгоритм інноваційного проєктування з урахуванням результатів 3D-сканування обличчя та виготовлення одношарових захисних масок методом 3D-друку на основі систематизації наявних підходів до створення сучасних дизайн-продуктів. Дизайн новостворених масок відповідає вимогам естетики, ергономіки та забезпечує ефективний захист.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Антоненко І.В., Агліуллін Р.М., Вишневська О.В., Кузьменко В.В. Інтеграція космічних технологій у середовище українського архітектурного дизайну. *Art and Design*. 2024. №4(28). С. 62-75. DOI: <https://doi.org/10.30857/2617-0272.2024.4.5>.
2. Бичков О., Меркулова К., Жабська Є. Створення системи розпізнавання облич на основі вейвлет-перетворень. *Проблеми інформаційних технологій*. 2019, № 26. С. 32-43. DOI: <https://doi.org/10.35546/2313-0687.2019.26.32-43>.
3. Вироби спеціального та військового призначення: дизайн і технології: монографія. Остапенко Н.В., Колосніченко О.В., Колосніченко М.В., Третьякова Л.Д., Луцкер Т.В., Рубанка А.І., Токар Г.М. Київ: КНУТД, 2021. 231 с.
4. «Віртуальний дизайн» або як відбувся показ моди на невидимих моделях. *DesignTalk.Club*. 2020. URL: <https://designtalk.club/virtualnyj-dyzajn-abo-yak-vidbuvsya-pokaz-mody-na-nevydymyh-modelyah/> (дата звернення: 05.03.2024).
5. Голінько В.І., Третьякова Л.Д., Чеберячко С.І. Проектування засобів індивідуального захисту працюючих: навч. посіб. НГУ. 2017. 181 с.
6. Дизайн одягу в полікультурному просторі: монографія / М. В. Колосніченко, К. Л. Пашкевич, Т. Ф. Кротова та ін. Київ : КНУТД, 2020. 268 с.
7. Дизайн-проектування виробів спеціального призначення / Остапенко Н. В., Колосніченко М. В., Луцкер Т. В., Колосніченко О. В. Київ : КНУТД, 2016. 320 с.
8. Долгополов Д. Зворотний інжиніринг засобами цифрового 3d-моделювання. *Актуальні проблеми математики, фізики і технологій*: зб. наук. пр. / ред. кол.: С. В. Подолянчук (голова) [та ін.]; Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського. Вінниця: ТОВ «Меркьюрі-Поділля», 2020. Вип. 17. С. 37-41.

9. ДСТУ 7239:2011. Видання. Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація. [Чинний від 2011-03-14]. Вид. офіц. Київ, 2011. 10 с.
10. ДСТУ EN 132:2004 «Засоби індивідуального захисту органів дихання. Терміни та піктограми» (EN 132:1998) : [Чинний від 01.01.2006]. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2006. 26 с.
11. ДСТУ EN 133:2005 : 2006. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Класифікація (EN 133:2001): [Чинний від 01.07.2006]. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 11 с.
12. ДСТУ EN 14683:2014. Маски хірургічні. Вимоги та методи випробування (EN 14683:2005, IDT). Чинний від 2015-07-01. Вид. офіц. 2014. 12 с.
13. ДСТУ EN 149:2017 «Засоби індивідуального захисту органів дихання. Фільтрувальні півмаски для захисту від аерозолів. Вимоги, випробування, маркування» (EN 149:2001 + A1:2009). На заміну ДСТУ EN 149:2003; чинний від 01.02.2018. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2018. 42 с.
14. ДСТУ EN 980:2007. ДСТУ EN 980:2007 Символи графічні для маркування медичних виробів (EN 980:2003, IDT). Чинний від 2008-02-01. Вид. офіц. 2007. 23 с.
15. Защепкіна Н., Терентьева Н. Респираторный захист людини за допомогою текстильних матеріалів. *Наукові нотатки*. 2014. Вип. 45. С. 210-214. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2014_45_34. (Дата звернення: 15.03.2024).
16. Інноваційні технології виробництва текстильних матеріалів і виробів спеціального та військового призначення: монографія / О.В. Чепелюк, Ю.Г. Сарібекова, О.Я. Семешко та ін. Херсон, Олді-Плюс, 2021. 408 с.
17. Кисельов В. Б., Кузьменко В. В., Мошенський А. О. Генерація шумів за допомогою Python для Unreal Engine. *Практичні питання функціонування і відновлення об'єктів муніципальної інфраструктури та промисловості України в сучасних умовах*: мат. Всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Київ, 17 листопада 2023 р. Київ: ТНУ ім. Вернадського. 2023. С. 182-184.

18. Коваленко А. В. Криміналістичне (сигналетичне) 3D-сканування зовнішності людини. *Вісник Луганського державного університету внутрішніх справ імені Е. О. Дідоренка*. 2022. Вип. 3. С. 253-262. DOI: <https://doi.org/10.33766/2524-0323.99.253-262>.

19. Коваленко А.В. Можливості використання технологій 3D сканування для фіксації та дослідження об'ємних слідів взуття. *Актуальні питання судової експертології, криміналістики та кримінального процесу: матеріали III міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 15 грудня 2021 р.)* / за заг. ред. Н.В. Нестор; уклад. О.В. Баулін, О.І. Жеребко, Т.П. Кривак, О.О. Садченко, А.В. Старушкевич, О.В. Юдіна. Київ: Ліра-К, 2021. С. 150-154.

20. Колосніченко М. В., Чупріна Н. В., Кротова Т. Ф., Олішевська Т. М. Проектування модного одягу на основі принципів параметричного дизайну. // *Art and Design*. 2020. № 1(09). С. 129-141.

21. Колосніченко М.В., Зубкова Л.І., Пашкевич К.Л., Полька Т.О., Остапенко Н.В., Васильєва І.В., Колосніченко О.В. Ергономіка та дизайн. Проектування сучасного одягу: навчальний посібник. П «НВЦ «Профі», 2014. 386 с.

22. Колосніченко М.В., Струмінська Т.В. Естетична складова при розробці комплектів спеціального одягу. *Теорія та практика дизайну. Технічна естетика*. 2019. Вип. 8. С. 269-274.

23. Колосніченко О., Струмінська Т., Луцкер Т. Екомодя як важлива складова розвитку fashion-індустрії. *KyivTex&Fashion*: збірник матеріалів VII Міжнародної науково-практичної конференції текстильних та фешн-технологій, м. Київ, 19 жовтня 2023 р. Київ: КНУТД, 2023. С. 108-110.

24. Колосніченко О., Чорна Т., Яковлев М. Адаптивний дизайн одягу спеціального призначення: засоби трансформації. *Актуальні проблеми сучасного дизайну* : збірник матеріалів III Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 22 квітня 2021 року. Київ : КНУТД, 2021. Т. 1. С. 141-144.

25. Колосніченко О.В. Формоутворення одягу спеціального призначення як об'єкта дизайн-діяльності : монографія. Київ : КНУТД, 2018. 420 с.

26. Колосніченко О.В., Пашкевич К.Л., Остапенко Н.В., Скрипченко А.Г., Люклян Н.Р. Аналіз і систематизація різновидів проєктних рішень при виготовленні адаптивного одягу для пацієнтів. *Art and Design*. 2022. № 2(18). С. 94–107. DOI: <https://doi.org/10.30857/2617-0272.2022.2.8>.

27. Колосніченко О.В., Струмінська Т.В., Луцкер Т.В. Дослідження розвитку композиційних ознак форменого одягу. *Синергія науки і бізнесу у повоєнному відновленні регіонів України: матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції*, м. Херсон, 24-26 квітня 2024 року. У 3-х т. Т. 1. Одеса: Олді+, 2024. С. 189-193.

28. Колосніченко О.В., Яковлев М. І. Дизайн уніформи: історіографія, еволюція форми та стилю. *Дизайн одягу в полікультурному просторі*. Київ : КНУТД, 2020. С. 62-87.

29. Кузьменко В.В., Костіков М.П. Побудова IoT-системи для інтелектуального керування температурою приміщення. *Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами: матеріали VII Міжнародної науково-технічної Internet-конференції*, 26 листопада 2020. Київ: НУХТ, 2020. С. 241. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/934a9612-ecc5-4a3a-8377-320f864dac10/content>.

30. Кузьменко В.В., Мошенський А.О. Апаратно-програмний комплекс для сканування теплових сигнатур обличчя та створення їх heatmaps. *Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами: матеріали VIII Міжнародної науково-технічної Internet-конференції*, м. Київ, 26 листопада 2021 р. Київ: НУХТ, 2021. С. 207-208. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/25c5d8d1-18ac-4e51-8b5b-9156f6033f59/content>.

31. Кузьменко В.В., Мошенський А.О. Вибір дизайну захисного спорядження для використання в умовах НС або БД на основі симуляції за допомогою Unreal Engine. *Актуальні проблеми та інноваційні технології у сфері цивільного захисту та екологічної безпеки для повоєнного відновлення України: збірник наукових праць Міжнародної науково-практичної*

конференції, м. Київ, 28-30 травня 2024 р. Київ НУХТ, 2024. С.267-275. URL: <https://drive.google.com/drive/folders/16iY1fsW43jiO5zdgXhZ2U1se9dMYCVw2>.

32. 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.*

33. Кузьменко В.В., Олещенко Л.М., Хоперський С.В., Чумаченко С.М. Моделювання екодизайну середовища сучасного міста: методи дослідження рівня освітленості. Сучасні тенденції розвитку інформаційних систем і телекомунікаційних технологій: наукові праці Четвертої міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 1– 2 лютого 2022 р. Київ, НУХТ, 2022. С. 102-105. URL: http://kist.ntu.edu.ua/konferencii/31_konf_2022.pdf.

34. Кузьменко В.В., Остапенко Н.В. Дизайн захисних масок як елементу медичного одягу: історичні нотатки та систематизація сучасних різновидів. *Art and Design*. 2024. №4(28). С. 136–155. DOI: <https://doi.org/10.30857/2617-0272.2024.4.11>.

35. Кузьменко В.В., Остапенко Н.В. Проектування ергономічної захисної маски: візуалізація та вибір 3D-сканера й програмного забезпечення. *Art and Design*. 2024. № 3(27). С. 204-217. DOI: <https://doi.org/10.30857/2617-0272.2024.3.17>.

36. Кузьменко В.В., Хоперський С.В. Проблеми дистанційного вимірювання освітленості дорожньої смуги та вуличної інфраструктури міста. *Електромеханічні, інформаційні системи та нанотехнології: матеріали Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції молодих учених та студентів, м. Київ, 18 листопада 2022 р. Київ : КНУТД, 2022. С. 56-59. URL: https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/23238/1/EMISN_2022_P056-059.pdf.*

37. Луцевська О. М., Буханцова Л. В., Краснюк Л. В., Троян О. М., Янцаловський О. Й. Удосконалення процесу проектування адаптивного багатофункціонального одягу. *Вісник Хмельницького національного*

університету, 2019, №5(277). С. 47-56. DOI: <https://www.doi.org/10.31891/2307-5732-2019-277-5-47-56>.

38. Нещадим В.О. Комп'ютерні методи створення цифрового архіву пам'яток архітектури за допомогою 3D-сканування. *Теорія та практика дизайну*, 2023. Вип. 29-30, С. 98-104. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2023.29-30.11>.

39. Новак Д.С., Кузьменко В.В. Зростаюча роль Python в дизайнерських робочих процесах. *Дизайн у просторі новітніх технологій*: збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 17-18 квітня 2024 р. Київ: НАУ, 2024. С. 23-24. URL: https://fgsa.nau.edu.ua/wp-content/uploads/2024/05/Tez_Des_24_V_c.pdf#page=24.

40. Носіння маски більш як наполовину знижує ризик зараження COVID-19 – Науковці. *Радіо Свобода*, 2021. URL: www.radiosvoboda.org/a/news-mask-covid-ryzyk-zarazhennya/31567348.html (дата звернення: 15.09.2023).

41. Овчаренко К.С. Можливості застосування даних 3D сканування в естетичній медицині. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я*: наук. вид.: тези доп. 28-ї Міжнар. наук.-практ. конф. MicroCAD–2020, (28-30 жовтня 2020 р.): у 5 ч. Ч. 2 / ред. Є. І. Сокол. Харків: Планета-Прінт, 2020. С. 358.

42. Олійник Г., Рубанка А., Кузьменко В., Остапенко Н. Систематизація текстильно-галантерейних виробів. *Актуальні проблеми сучасного дизайну*: збірник матеріалів VI Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 25 квітня 2024 р. Київ: КНУТД, 2024. Т.1. С. 348-351. URL: https://stud.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/28191/1/APSD_2024_V1_P348-351.pdf.

43. Олійник Г.М., Рубанка А.І., Мамченко Я.О., Остапенко Н.В., Кузьменко В. В. Текстильно-галантерейні вироби: асортимент, призначення та показники якості. *Art and Design*. 2024. № 3(27). С. 243-255. DOI: <https://doi.org/10.30857/2617-0272.2024.3.20>.

44. Остапенко Н., Колосніченко О., Арабаджи А., Олійник Г., Мамченко Я. Дизайн функціональних текстильних виробів спеціального та

військового призначення. *Актуальні проблеми сучасного дизайну* : збірник матеріалів IV Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 27 квітня 2022 р. В 2-х т. Т. 1. Київ : КНУТД, 2022. С. 181-184.

45. Остапенко Н., Кузьменко В., Мамченко Я., Весела Ю. Обґрунтування вибору програмного забезпечення для сканування засобів індивідуального захисту органів дихання. *KyivTex&Fashion*: тези доповідей VII Міжнародної науково-практичної конференції текстильних та фешн-технологій. м. Київ, 19 жовтня 2023 р. Київ: КНУТД, 2023. С. 282-283. URL: https://labmv.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/25477/1/KyivTex%26Fashion_2023_P282-283.pdf.

46. Остапенко Н.В. Розвиток наукових основ дизайн-проектування захисного одягу з використанням принципу трансформації: дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.19. Київський національний ун-т технологій та дизайну. Київ, 2017. 367 с.

47. Остапенко Н.В., Колосніченко О.В., Очеретна Л.В., Токар Г.М., Рубанка А. І., Мамченко Я. О. Адаптивні текстильні вироби: засоби з'єднання та їх особливості. *Art and design*. 2021. № 4 (16). С. 53–65. DOI: <https://doi.org/10.30857/2617-0272.2021.4.5>.

48. Остапенко Н., Колосніченко М., Михайлюк О. Текстильні фактурні рішення як засіб художньо-естетичної виразності об'єктів дизайну і мистецтва. *Мистецтвознавство України*, 2021. №21. С. 60–68. DOI: <https://doi.org/10.31500/2309-8155.21.2021.254673>.

49. Остапенко Н.В., Кузьменко В.В., Мамченко Я.О. Корпоративний одяг як складова модного бізнесу у повоєнному відновленні. *Синергія науки і бізнесу у повоєнному відновленні регіонів України*: матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції, м. Херсон, 24-26 квітня 2024 року. Одеса: Олді+, 2024. Т. 1. С. 185-189. URL: https://labmv.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/28101/1/2024_1-5_186-190.pdf.

50. Остапенко Н.В., Кузьменко В.В., Мамченко Я.О., Рубанка А.І. Функціональні можливості симуляції текстильних виробів в Unreal Engine як альтернатива візуалізації в CLO3D. *Дизайн у просторі новітніх технологій*: збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ,

17-18 квітня 2024 р. Київ: НАУ. 2024. С. 29. URL: https://fgsa.nau.edu.ua/wp-content/uploads/2024/05/Tez_Des_24_V_c.pdf#page=24.

51. Остапенко Н.В., Луцкер Т. В., Колосніченко О. В., Третякова Л. Д. Розробка елементів спеціального захисного одягу на основі принципів трансформації. *Теорія та практика дизайну*: зб. наук. пр. Київ: «Дія», 2015. Вип. 8. С. 204-216.

52. Остапенко Н.В., Луцкер Т.В., Рубанка А.І., Колісніченко О.В. Узагальнена систематизація виробів спеціального призначення. *Теорія та практика дизайну*. 2016. Вип. 10. С. 122-143. DOI: <https://doi.org/10.18372/2415-8151.10.10543>.

53. Остапенко Н.В., Мамченко Я.О. Вироби спеціального та військового призначення: формотворчі та конструктивні особливості. *Art and Design*. 2023. № 2(22). С. 196-213. DOI: <https://doi.org/10.30857/2617-0272.2023.2.17>.

54. Остапенко Н.В., Рубанка А.І., Олійник Г.М., Мамченко Я.О., Кузьменко В.В., Варволік В.В. Інформаційна база складових елементів виробів спеціального та військового призначення. *Digital transformation and technologies for sustainable development all branches of modern education, science and practice*: International Scientific and Practical Conference Proceeding, January 26, 2023. International Academy Applied Sciences in Lomza (Poland); State Biotechnological University (Ukraine). Publishing house: MANS w Łomży, Lomza, Poland, 2023. Part 3. P. 85-91. URL: https://epec.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/25115/1/Ostapenko_Rubanka_Mamchenko_prac_3_2023-85-91.pdf.

55. Пат. 113669 Україна, МПК А62В 9/04 (2006.01). Комплексний засіб індивідуального захисту/ Енан А.А.-А., Сахаров О.В., Абрамова Н.М., Чеберячко С.І.; заявник та патентовласник Фіз.- хім. інст. зах. навкол. серед. і людини МОН України та НАН України.- № у 201607909; заявл. 18.07.16р.; апубл. 10.02.17р., Бюл. № 3.

56. Пат. 84774 Україна, МПК 2006, G01N15/08, G01N33/36, G01N33/44. Спосіб дослідження проникності матеріалів для засобів індивідуального захисту від агресивних речовин. Мичко А. А.; власник Львівський державний університет безпеки життєдіяльності МНС України. № а200610898; заявл. 2006.10; опубл. 25.11.2008, Бюл. № 22.

57. Пат. 93674 Україна, МПК 2014.01, А62В23/00. Фільтрувальний респіратор / Голінько В. І.; власник Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет». № u201405005; заявл. 2014.01; опубл. 10.10.2014, Бюл. № 19.

58. Пелик Л.В., Пелех Ю.А. Особливості підбору текстильних матеріалів для захисту органів дихання. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*, 2017. № 5. С. 58-61.

59. Пивоваров С. Іспанський грип у 1918 році вбив більше людей, ніж Перша світова війна. Ось як змінився підхід до медицини у світі після цієї епідемії. *Бабель*. 2020. URL: <https://babel.ua/texts/40515-ispanskiy-grip-u-1918-roci-vbiv-bilshe-lyudey-anizh-persha-svitova-viyna-os-yak-zminivsia-pidhid-do-medicini-u-sviti-pislya-ciyeji-epidemiji> (дата звернення: 28.07.2024).

60. Півмаска фільтрувальна «МІКРОН» (К) FFP3 NR з клапаном - Mikron. *Mikron*. 2024. URL: <https://mikron.ua/product/pivmaska-filtruvalna-mikron-ffp3-nr-z-klapanom/> (дата звернення: 01.08.2024).

61. Приходько-Кононенко І.О., Навольська Л.В., Остапенко Н.В. Розробка вимог до корпоративного одягу провідників залізничного транспорту. *Синергія науки і бізнесу у повоєнному відновленні регіонів України: матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції, м. Херсон, 24-26 квітня 2024 року*. У 3-х т. Т. 1. Одеса : Олді+, 2024. С. 193-198.

62. Про маску – КАРБОН-ГАРД. ТОВ «ІННОВАЦІЙНА КОМПАНІЯ «БАЗАЛЬТОВІ ТЕХНОЛОГІЇ». URL: <https://www.bazaltteh.com.ua/2020/08/44/new/> (дата звернення: 13.06.2024).

63. Респіратор Пелюстка-40 (ШБ-1). *SPEC PROM*. URL: https://specprom-kr.com.ua/uk-resp-rator-pelyustka-40-shb-1?srsId=AfmBOop8sp7WcRSn5ouFCadfPa7Z2rH1W8DFwy7HMowQMKGw1Qk_uuttv (дата звернення: 11.09.2024).

64. Респіратори N/KN95 класу захисту FFP2. *Укрінтех*. 2020. URL: <https://ukrintech.com.ua/tkaninni-zakhisni-maski> (дата звернення: 11.09.2023).

65. Романюк О. Н., Марущак А. В., Шмалюх В. А., Аналіз боді 3D-сканерів людини. *Молодь у світі сучасних технологій за тематикою: Використання інформаційних та комунікаційних технологій в сучасному*

цифровому суспільстві: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (4-5 червня 2020 р., м. Херсон) / за заг. ред. Г.О. Райко. Херсон: Видавництво ФОП Вишемирський В. С. 2020. С. 181-184.

66. Романюк О. Н., Марущак А. В., Шмалюх В. А., Михайлов П. І., Чехмestрук Р. Ю., Перун І. В. Аналіз 3D-body сканерів. *На шляху до Індустрії 4.0: інформаційні технології, моделювання, штучний інтелект, автоматизація*: монографія. 2021. Одеса: Астропринт. С. 65-81.

67. Романюк О. Н., Романюк О. В. Слуковська А. Ю. Аналіз найкращих панорамних сканерів. *ACTUAL PROBLEMS OF SCIENCE AND PRACTICE: Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference (27-28 April, 2020)*. Stockholm, Sweden. 2020. С. 558–561.

68. Романюк О.Н., Бажан В.М., Дудник О.О. Методи вимірювання площі поверхні людини. *The 3rd International scientific and practical conference Topical issues of modern science, society and education* (October 3-5, 2021) SPC Sci-conf.com.ua, Kharkiv, Ukraine. С.163-165.

69. Романюк О.Н., Слуковська А.Ю., Романюк О.В. Аналіз 3D-сканерів. *Стан, досягнення і перспективи інформаційних систем і технологій*: мат. XX Всеукр. наук.-техн. конф. молодих вчених, аспірантів та студентів, Одеса, 21-22 квіт. 2020 р. / Одес. нац. акад. харч. технологій, ННІ комп'ютер. систем і технологій «Індустрія 4.0» ім. П. М. Платонова, Фак. комп'ютер. інженерії, програмування та кіберзахисту ; орг. ком.: Б. В. Єгоров (голова) та ін. Одеса: ОНАХТ, 2020. Ч. І. С. 174-176.

70. Романюк О.Н., Чан А.Л. В., Панфілова Ю.О. Аналіз 3D-сканерів. *Електронні інформаційні ресурси: створення, використання, доступ*: збірник матеріалів Міжн. наук.-практ. Інтернет конференції. Пам'яті А.М. Петуха. Суми/Вінниця : НІКО/ВНТУ, 2019. С. 248-251.

71. Рубанка А.І., Остапенко Н.В., Дуб Д.М., Семененко В.В. Узагальнена систематизація елементів для забезпечення комфортності захисного одягу. *Вісник Хмельницького національного університету*, 2018, №.. С. 140-143.

72. Рубанка А.І., Третьякова Л.Д., Рубанка М.М. Технологія як фактор розвитку одягу спеціального призначення. *Дизайн одягу в полікультурному*

просторі : монографія / М.В. Колосніченко, К.Л. Пашкевич, Т.Ф. Кротова та ін. Київ : КНУТД, 2020. С. 175-202.

73. Рябчиков М.Л., Назарчук Л.В. Дослідження плечової зони поверхні тіла людини для цілей проектування одягу з використанням 3D- сканування. *Товарознавчий вісник*. 2023. № 1, Т. 16. С. 298-309. DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2310-5283-2023-17-25>.

74. Скляренко Н. В. Візуальні комунікації в дизайні: динамічні концепції сталого розвитку: монографія. Луцьк: Вежа-Друк, 2023. 484 с.

75. Супрун Н. П., Власенко В. І., Арабулі С. І. Текстиль та багатофункціональні текстильні композиційні матеріали у виробках для інвалідів та важкохворих : монографія. Київ : КНУТД, 2011. 197 с.

76. Супрун Н.П., Колосніченко О.В., Чумак Л.Ю. Розробка комплексних медичних текстильних матеріалів багаторазового використання. *Індустрія моди*, 2021. №4. С. 33-41. DOI: <https://doi.org/10.30857/2706-5898.2021.4.2>.

77. Терешкевич А.І. Застосування методу 3D-сканування об'єктів в експертній службі МВС України. *Криміналістичний вісник*. Київ: ДНДЕКЦ МВС України. 2014. № 2 (22). С. 158-160.

78. Третьякова Л.Д, Качинська Н.Ф Спосіб удосконалення конструкцій фільтрувальних респіраторів. *KyivTex&Fashion*: збірник матеріалів VII Міжнародної науково-практичної конференції текстильних та фешн-технологій, м. Київ, 19 жовтня 2023 р. Київ: КНУТД, 2023. С. 67-70.

79. Третьякова Л.Д. Розвиток наукових основ створення захисного одягу для працівників атомних електричних станцій: дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.19. Нац. техн. ун-т України «Київ. політехн. ін-т». Київ, 2013. 320 с.

80. Третьякова Л.Д., Селіверстов А.Є. Новітні рішення проблеми індивідуального захисту працівників атомних електричних станцій: монографія. Київ: Основа, 2016. 216 с.

81. Третьякова Л.Д., Супрун Н.П., Василенко В.М. Розробка та дослідження текстильних композиційних матеріалів для засобів індивідуального захисту. *Проблеми охорони праці в Україні*. 2014. Вип. 28. С. 47-52. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/pop_2014_28_8 (дата звернення: 23.01.2024).

82. Флінт. Що таке 3D-сканування? *3DInsider*. 2019. URL: <https://3dinsider.com/what-is-3d-scanning> (дата звернення: 23.11.2020).
83. Хоперський С.В., Кузьменко В.В., Остапенко Н.В., Чумаченко С.М., Резніков Є.В. Екодизайн світлового середовища сучасного міста: формування підходів щодо удосконалення вимірювань освітлення міських об'єктів. *Art and Design*. 2022. № 4(19). С. 108-120. DOI: <https://doi.org/10.30857/2617-0272.2022.4.10>.
84. Чан А.Л.В., Романюк О.Н. Аналіз пристроїв 3D-сканування. *Матеріали XLIX науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ*, Вінниця, 27-28 квітня 2020 р. Вінниця, 2020. С. 143–147.
85. Чеберячко С.І., Гридяєв В.В., Еннан А.А.-А., Чеберяко 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/10.31474/2415-7902-20221\(8\)-2\(9\)-216-227](https://www.doi.org/10.31474/2415-7902-20221(8)-2(9)-216-227).
86. Чеберячко С.І., Третьякова Л.Д., Чеберячко Ю.І. Оптимізація параметрів конструктивних елементів фільтрувальних респіраторів. *Проблеми охорони праці в Україні*, 2021. Том 37 № 4, С. 25-34. DOI: <https://doi.org/10.36804/nndipbop.37-4.2021.25-34>.
87. Чеберячко С.І., Чеберячко Ю.І., Яворська О.О., Дрюгін О.В., Наумов М.М., Станіславчук О.В. Розрахунок захисної ефективності фільтрувальних півмасок для захисту від вірусів методом комп'ютерного моделювання. *Modern Engineering and Innovative Technologies*, 2022, No. 20(2). Р. 68-89. DOI: <https://doi.org/10.30890/2567-5273.2022-20-02-022>.
88. Чепелюк О.В. Розвиток наукових основ будови та умов формування тканини з урахуванням її ергономічних і естетичних характеристик : дис... док. техн. наук: спец. 05.19.04. Херсон, 2011. 418 с.
89. Шехавцов Р.М. Можливості використання технологій 3D сканування під час розслідування злочинів. *Вісник Луганського державного університету внутрішніх справ імені Е.О. Дідоренка*. 2010. № 3. С. 247-251.

90. Яковлєв М.І. Геометричні принципи художнього формотворення : дис. ... доктора техн. наук : 05.01.03. Київ : 1999. 415 с.
91. 3D Body Scanning from A to Z. Professional 3D Scanning Solutions | Artec 3D. 2024. URL: www.artec3d.com/learning-center/3d-body-scanner (дата звернення: 20.01.2025).
92. 3D scanning technologies and the 3D scanning process. ANIWAA. 2021. URL: <https://www.aniwaa.com/guide/3d-scanners/3d-scanning-technologies-and-the-3d-scanning-process/> (дата звернення: 12.08.2023).
93. 3D scanning. Wikipedia. 2018. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/3D_scanning#cite_not (дата звернення: 25.03.2024).
94. 3D texture – perlin noise by aeron203. Thingiverse. URL: <https://www.thingiverse.com/thing:27229> (дата звернення: 25.03.2024).
95. 3d сканер людини EXPLORER – технологія миттєвого результату. |Science Debate. 2022. URL: <https://www.sciencedebate2008.com/3d-skaner-cheloveka-explorer> (дата звернення: 24.03.2024).
96. 3D-Figuren Erstellen Bei 3D GENERATION. Perfekte 3D-Druck & 3D-Scan. 3D generation 2020. URL: <https://www.3dgeneration.com> (дата звернення: 23.11.2020).
97. 3M Masks & Respirators for Personal Health Care. Multimedia. URL: <https://multimedia.3m.com/mws/media/1425070O/3m%E2%80%91particulate%E2%80%91respirator%E2%80%9118210%E2%80%91n95%E2%80%91technical%E2%80%91specifications.pdf> (дата звернення: 18.04.2020).
98. Abd-Raheem A., AlDeiri F., Alyaman M. Design of an Automated 3D Scanner. 2018 International Arab Conference on Information Technology (ACIT), Werdanye, Lebanon, 2018. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8672679>.
99. About Face ID advanced technology. Apple Support. 2024. URL: <https://support.apple.com/en-in/102381>.
100. Advice for the Public on COVID-19. World Health Organization. 2023. URL: www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public (дата звернення: 18.04.2020).
101. Advice on the Use of Masks in the Context of COVID-19: Interim Guidance. World Health Organization. 2020. URL:

<https://iris.who.int/handle/10665/331693?locale-attribute=en&> (дата звернення: 18.04.2020).

102. Andrews J., et al. Validation of three-dimensional facial imaging captured with smartphone-based photogrammetry application in comparison to stereophotogrammetry system. *Heliyon*. 2023. Vol. 9, Iss. 5, e15834. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15834>.

103. Anjum M. A., Javed M. Y., Basit A. A new approach to face recognition using dual dimension reduction. *International Journal of Signal Processing*. 2005, Vol. 2, No. 1. P. 1-6.

104. Aragaw T.A. Surgical face masks as a potential source for microplastic pollution in the COVID-19 scenario. *Marine Pollution Bulletin*. 2020, Vol. 159:111517. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111517>.

105. ASTM F2100-19e1. Standard specification for performance of materials used in medical face masks. West Conshohocken, PA. ASTM Committee F23. *ASTM International*. 2019. <https://doi.org/10.1520/F2100-19E01>.

106. Bałazy A., et al. Do N95 respirators provide 95% protection level against airborne viruses, and how adequate are surgical masks? *Am J Infect Contr*. 2006. Vol. 34(2). P. 51–57. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2005.08.018>.

107. Ballin A.C., et al. Anthropometric study of the caucasian nose in the city of Curitiba: relevance of population evaluation. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*. 2018, Vol. 84. Iss. 5. P. 486-493. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2017.06.004>.

108. Bangsow S. Manufacturing simulation with plant simulation and simtalk: Usage and programming with examples and solutions, Springer Berlin, 2010. 314 p.

109. Bertazzo T.L., D’Ornellas M.C. Protocol for capturing 3D facial meshes for rhinoseptoplasty planning. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*. 2023, Vol. 89, Iss. 5.:101289. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2023.101289>.

110. Bhattacharjee S., Bahl P., Chughtai A.A., MacIntyre C.R. Last-resort strategies during mask shortages: optimal design features of cloth masks and decontamination of disposable masks during the COVID-19 pandemic. *BMJ Open*

Respiratory Research. 2020, Vol. 7, Iss. 1: e000698. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjresp-2020-000698>.

111. Blanz V., Vetter T. A morphable model for the synthesis of 3D faces. SIGGRAPH '99: 26th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques New York, NY, USA: ACM Press. 1999. P. 187-194.

112. Blanz V., Vetter T. Face recognition based on fitting a 3D morphable model. *IEEE transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2003, Vol. 25, Iss. 9. P. 1063-1074. DOI: <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2003.1227983>.

113. *Bodometrics*. Офіційний сайт. URL: www.bodometrics.com/ (дата звернення: 18.04.2020).

114. Bolívar-Subirats G., et al. Occurrence, Toxicity and Risk Assessment of Plastic Additives in Besos River, Spain. *Chemosphere*. 2021, Vol. 263, 128022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128022>.

115. Bossi L.E., et al. Efficient Strategies for the Reuse of Surgical and FFP2/KN95 Face Masks during the COVID-19 Pandemic: Home-Made and Ecological Choices for the Community. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*. 2022, Vol. 46, Iss. 3, P. 37415-37421. DOI: <https://dx.doi.org/10.26717/BJSTR.2022.46.007349>.

116. Bowen L.E. Does that face mask really protect you? *Applied Biosafety*. 2010, Vol. 15, No. 2. P. 67-71. DOI: <https://doi.org/10.1177/153567601001500204>.

117. Blender. *Wikipedia*. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Blender> (дата звернення: 14.01.2024).

118. Brito Í.M., Avashia Y., Rohrich R.J. Evidence-based nasal analysis for rhinoplasty: the 10-7-5 method. *Plast Reconstr Surg-Glob Open*. 2020, Vol. 8(2). P. e2632. DOI: <https://doi.org/10.1097/GOX.0000000000002632>.

119. Bruno J.S., Schlichb T. A history of the medical mask and the rise of throwaway culture. *The Lancet*. 2020, Vol. 396, Iss. 10243, P. 19-20. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)31207-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)31207-1).

120. Bullinger S. Image-Based 3D Reconstruction of Dynamic Objects Using Instance-Aware Multibody Structure from Motion. KIT Scientific Publishing. 2020. 163 p. URL: <http://d-nb.info/1216243115/34> (дата звернення: 24.04.2023).

121. Bureš M., Šrajter V., Görner T. Projektování výrobních systémů a DP, Ebook, SmartMotion, Plzeň, 2012. (Original in Czech).
122. Burnett R., et al. Global estimates of mortality associated with long-term exposure to outdoor fine particulate matter, *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2018, Vol. 115 No. 38. P. 9592–9597. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1803222115>.
123. Cai M., et al. 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>.
124. Carlaw S. Impact on biometrics of Covid-19. *Biometric Technology Today*. 2020. Vol. 4, P. 8-9. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0969-4765\(20\)30050-3](https://doi.org/10.1016/S0969-4765(20)30050-3).
125. Carragher D. J., Hancock P.J.B. Surgical face masks impair human face matching performance for familiar and unfamiliar faces. *Cognitive research: principles and implications*. 2020, Vol. 5, No. 59. P. 1-15. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41235-020-00258-x>.
126. Celikoyar M.M., et al. Facial surface anthropometric features and measurements with an emphasis on rhinoplasty. *Aesthetic Surgery Journal*. 2022, Vol. 42, Iss. 2. P. 230-231. DOI: <https://doi.org/10.1093/asj/sjab190>.
127. Cheberiyachko S., Yavorska O., Hridiaiev V., Yavorskyi A. Studying the efficiency of a complex individual protective device. *E3S Web of Conferences*. 2019. Vol. 123. P. 01028. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912301028>.
128. Cheberiyachko S.I., Cheberiyachko Yu.I., Shaikhislamova I.A. Designing of half-Masks for Filtering respirators. *Sci. innov.* 2020, Vol. 16, Iss. 5. P. 90-102. DOI: <https://doi.org/10.15407/scine16.05.090>.
129. Chebryachko S., Tretiakova L., Kolosnichenko M., Ostapenko N. Designing filtering half-masks. *Fibres and Textiles*. 2020, Iss. 3(141). P. 82-89.
130. Chen Q., et al. Thermo physiological comfort properties of polyester weft knitted fabrics for sports T-shirt. *Journal of the textile institute*. 2017, Vol. 108, Iss. 8, P. 1421–1429. DOI: <https://doi.org/10.1080/00405000.2016.1255122>.
131. Chengm K.K., Lam T.H., Leung C.C. Wearing face masks in the community during the COVID-19 pandemic: altruism and solidarity. *The Lancet*.

2020, Vol. 399, Iss. 10336. e39-e40 DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30918-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30918-1).

132. Chmelík V., et al. Effect of Mouth Mask and Face Shield on Speech Spectrum in Slovak Language. *Applied Sciences*. 2021, Vol. 11, Iss. 11, art. No. 4829. P. 1-14. DOI: <https://doi.org/10.3390/app11114829>.

133. Christopher D.J., Tharyan P. Masks Are Mandatory for All Now. *The Hindu*. 2020. URL: <https://www.thehindu.com/news/cities/chennai/masks-are-mandatory-for-all-now/article31400601.ece> (дата звернення: 06.04.2024).

134. Chua M.H., et al. Face Masks in the New COVID-19 Normal: Materials, Testing, and Perspectives. *Research*. 2020, Vol. 2020, art. 7286735. DOI: <https://doi.org/10.34133/2020/7286735>.

135. Cignoni P., et al. Meshlab: an opensource mesh processing tool. Eurographics Italian Chapter Conference 2008, Salerno, Italy, 2008. P. 129-136.

136. Cirrincione L., et al. COVID-19 Pandemic: Prevention and Protection Measures to Be Adopted at the Workplace. *Sustainability*. 2020, Vol. 12, Iss. 9. P. 1-18. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12093603>.

137. Clapp P.W., et al. 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, Iss. 4, P. 463-469. DOI: <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2020.8168>.

138. Clo3d Virtual Fashion Projects : Photos, Videos, Logos, Illustrations and Branding. *Behance*. URL: <https://www.behance.net/search/projects/clo3d%20virtual%20fashion> (дата звернення: 08.03.2024).

139. Cloet A., et al. Design considerations for protective mask development: A remote mask usability evaluation. *Applied Ergonomics*. 2022. Vol. 102:103751. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2022.103751>.

140. Codari M., et al. Laser scanner compared with stereophotogrammetry for measurements of area on nasal plaster casts. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2015, Vol. 53, Iss. 8. P. 769-770. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2015.05.007>.

141. Cohen J., van der Meulen Rodgers Y. Contributing factors to personal protective equipment shortages during the COVID-19 pandemic.

Preventive Medicine. 2020, Vol. 141: 106263. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2020.106263>.

142. Constantinou G., et al. An effective approach to the use of 3D scanning technology which shortens the development time of 3D models, figshare. *Anglia Ruskin Research Online*. 2017. URL: https://aru.figshare.com/articles/conference_contribution/An_effective_approach_to_the_use_of_3D_scanning_technology_w_high_shortens_the_development_time_of_3D_models/23758221 (дата звернення: 17.04.2024).

143. Convissar D., et al. Personal Protective Equipment N95 Facemask Shortage Quick Fix: The Modified Airway from VEntilatoR Circuit (MAVerIC). *Cureus*. 2020, Vol. 12(5):e7914. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.7914>.

144. Cortes R.G., et al. Use of free CAD design software for 3D printing individualized face masks based on face scans. *International Journal of Computerized Dentistry*. 2020. Vol. 23(2):1-7. P. 183-189. URL: https://www.academia.edu/106541534/Use_of_free_CAD_design_software_for_3D_printing_individualized_face_masks_based_on_face_scans (дата звернення: 08.03.2024).

145. COVID-19 Vaccines Advice. *World Health Organization*, 2024. URL: www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/covid-19-vaccines/advice. (дата звернення: 08.03.2024).

146. Crebolder J.M., Sloan R.B. Determining the effects of eyewear fogging on visual task performance. *Applied Ergonomics*, 2004, Vol. 35, Iss. 4. P. 371-381. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2004.02.005>.

147. Crosstex Surgical Mask Molded. *USA Medical and Surgical Supplies*. URL: <https://www.usamedicalsurgical.com/crosstex-surgical-mask-molded> (дата звернення: 18.03.2024).

148. Čuta, M., et al. Virtual fit and design improvements of a filtering half-mask for sub-adult wearers. *Ergonomics*. 2024. Vol. 67, Iss. 10. P. 1-17. DOI: <https://doi.org/10.1080/00140139.2023.2298984>.

149. D'Ettorre G., et al. A comparison between stereophotogrammetry and smartphone structured light technology for three-dimensional face scanning. *Angle*

Orthod. 2022. Vol. 92, Iss. 3. P. 358-363. DOI: <https://doi.org/10.2319/040921-290.1>.

150. da Costa Moraes C.A., Dias P.E.M., Melani R.F.H. Demonstration of protocol for computer-aided forensic facial reconstruction with free software and photogrammetry. *Journal of Research in Dentistry*. 2014. Vol. 2. No. 1. P. 77-90. DOI: <https://doi.org/10.19177/jrd.v2e1201477-90>.

151. Daneshmand M., et al. 3D Scanning: A Comprehensive Survey. *arXiv.Org*, 2018. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1801.08863>.

152. Daoud A.K., et al. The potential for cloth masks to protect health care clinicians from SARS-CoV-2: A rapid review. *Annals of Family Medicine*. 2021, Vol. 19, No. 1, P. 55-56, DOI: <https://doi.org/10.1370/afm.2640>.

153. Das S. et al. A comprehensive review of various categories of face masks resistant to Covid-19. *Clinical Epidemiology and Global Health*. 2021, Vol. 12:100835. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cegh.2021.100835>.

154. Deng H., et al. Mfcosface: a masked-face recognition algorithm based on large margin cosine loss. *Applied Sciences*. 2021, Vol. 11, No. 7310, P. 1-17. DOI: <https://doi.org/10.3390/app11167310>.

155. Deng W., et al. Masks for COVID-19. *Advanced Science*. 2021, Vol. 9, No. 3, art. e2102189. DOI: <https://doi.org/10.1002/advs.202102189>.

156. Derrick J.L., et al. Protecting staff against air-borne viral particles: in vivo efficiency of laser masks. *The Journal of Hospital Infection*. 2006, Vol. 64, Iss. 3. P. 278-281. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2006.06.021>.

157. Doddi N.M., Eccles R. The role of anthropometric measurements in nasal surgery and research: a systematic review. *Clinical Otolaryngology*. 2010, Vol. 35, Iss. 4. P. 277-283. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1749-4486.2010.02169.x>.

158. Drahnovsky J. Maintenance organisation by the system TPM, Proceedings of 6th International Doctoral Conference „JUNIORSTAV 2004“, Brno, VUT, 2004. 320 p.

159. Du W., et al. Microstructure analysis and image-based modelling of face masks for COVID-19 virus protection. *Communications Materials*. 2021, Vol. 2, No. 1. P. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1038/s43246-021-00160-z>.

160. Ebrahim M. A-B. 3D laser scanners: history, applications, and future. LAP LAMBERT Academic Publishing. 2014. 104 p.
161. Edl M., Kudrna J. Metody průmyslového inženýrství, 1. ed., Plzeň: Smart Motion, s.r.o., 2013. (Original in Czech).
162. Edl M., Mizerák M., Trojan J. 3D laser scanners: history and applications. *Acta Simulatio*. 2018, Vol. 4, Iss. 4. P. 1-5. DOI: <https://doi.org/10.22306/asim.v4i4.54>.
163. Edwards D.A., et al. Inhaling to mitigate exhaled bioaerosols. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2004, Vol. 101(50). P. 17383-17388. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0408159101>.
164. Eikenberry S.E., et al. To mask or not to mask: Modeling the potential for face mask use by the general public to curtail the COVID-19 pandemic. *Infectious Disease Modelling*. 2020, Vol. 5. P. 293-308. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idm.2020.04.001>.
165. Ekinici B. T. The use of digital effects in science fiction cinema and interstellar (2014) movie. *Online journal of art and design*. 2015. Vol. 3, Iss. 3. P. 64–78. URL: <https://www.adjournal.net/articles/33/335.pdf> (дата звернення: 18.02.2024).
166. EN 14683:2025 – Medical Face Masks – Requirements and Test Methods. *iTeh Standards*. URL: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/a6af61a7-49b8-4db9-aab9-5cae296b5bbf/en-14683-2025>.
167. Evaluation of Cloth Masks and Modified Procedure Masks as Personal Protective Equipment for the Public During the COVID-19 Pandemic. *REGENHEALTHSOLUTIONS (RHS)*. 2020. URL: www.regenhealthsolutions.info/2020/12/11/evaluation-of-cloth-masks-and-modified-procedure-masks-as-personal-protective-equipment-for-the-public-during-the-covid-19-pandemic/ (дата звернення: 08.03.2024).
168. Fangueiro R., Ferreira D.P., P. Silva, C. Silva, Navarro M. Protective Masks. 2020. Fibrenamics_UMinho. 48 p.
169. Farkas L. G. Anthropometry of the head and face. 2nd ed. NYC: Raven Press, 1994. 405 p.

170. Farkas L.G., et al. 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>.

171. Fashion design in a multicultural space: monograph / M.V. Kolosnichenko, K.L. Pashkevich, T.F. Krotova et al. Kyiv: KNUTD, 2020. Published by Academic Society of Michal Baludansky, Košice, Slovakia, 2020. 258 p.

172. Fikenzer, S., et al. Effects of surgical and FFP2/N95 face masks on cardiopulmonary exercise capacity. *Clinical Research in Cardiology*. 2020, Vol. 109(12), P. 1522–1530. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00392-020-01704-y>.

173. Fiľo M., Markovič J., Kliment M., Trebuňa P. PLM systems and Tecnomatix Plant Simulation, a description of the environment, control elements, creation simulations and models. *American Journal of Mechanical Engineering*. 2013, Vol. 1, Iss. 7. P. 165-168.

174. Formation of structure of protective clothing assortment and its elements on the basis of transformation principles. N. Ostapenko, O. Kolosnichenko, L. Tretyakova, T. Lutsker, A. Rubanka, H. Tokar. *Information and Innovation Technologies in the Life of Society*: monograph / ed. by A. Ostenda and N. Svitlychna. Katowice: Wydawnictwo Wyższej Szkoły Technicznej w Katowicach, 2019. P. 291-309.

175. Fourie Z., Damstra J., Gerrits P.O., Ren Y. Evaluation of anthropometric accuracy and reliability using different three-dimensional scanning systems. *Forensic Science International*. 2011, Vol. 207, Iss. 1–3. P. 127-134. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2010.09.018>.

176. Freud E., Stajduhar A., Rosenbaum R.S. The COVID-19 pandemic masks the way people perceive faces. *Scientific Reports*. 2020, Vol. 10, No. 22344, P. 1-8. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78986-9>.

177. Friedman V. The mask. *The New York Times*. 2020. URL: <https://www.nytimes.com/2020/03/17/style/face-mask-coronavirus.html> (дата звернення: 12.05.2020).

178. Friscia M., et al. Efficacy of Hilo therapy face mask in improving the trend of edema after orthognathic surgery: a 3D analysis of the face using a facial

scan app for iPhone. *Oral and Maxillofacial Surgery*. 2022, Vol. 26, P. 485–490. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10006-021-01015-0>.

179. From Healthcare to Artificial Intelligence. *3dMD Applications*. URL: <https://3dmd.com/> (дата звернення: 08.03.2024).

180. Gandhi M., Beyrer C., Goosby E. Masks Do More Than Protect Others During COVID-19: Reducing the Inoculum of SARS-CoV-2 to Protect the Wearer. *Journal of General Internal Medicine*. 2020, Vol. 35, P. 3063–3066. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11606-020-06067-8>.

181. 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: 08.03.2024).

182. Gawn J., Clayton M., Makison C., Crook B. Evaluating the protection afforded by surgical masks against influenza bioaerosols: gross protection of surgical masks compared to filtering facepiece respirators. *Environmental Science, Medicine*. 2008. 46 p.

183. Glick M. The 8 Top 3D Body Scanners for Fitness Centers in 2021. *Styku*. URL: www.styku.com/blog/3d-body-scanners-fitness-centers. (дата звернення: 08.03.2024).

184. Godoy M. Adding A Nylon Stocking Layer Could Boost Protection From Cloth Masks, Study Finds. *NPR*. 2020. URL: <https://www.npr.org/sections/goatsandsoda/2020/04/22/840146830/adding-a-nylon-stock-layer-could-boost-protection-from-cloth-masks-study-find> (дата звернення: 09.10.2021).

185. Google Play. *Wikipedia*. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Google_Play (дата звернення: 10.01.2024).

186. Görner T., Šimon M. Případová studie ergonomického projektování pracovišť s využitím digitální továrny. *Digitální podnik 2008*, Žilina, Slovenské centrum productivity. 2008. P. 99-104. (Original in Czech).

187. Gregor M., Medvecký Š., Mičieta B., Matuszek J., Hrčková A. *Digitální podnik, SCP, Žilina*, 2006. (Original in Slovak).

188. Gregor M., Medvecký Š., Štefánik A., Furmann R., Mačuš P. 3D laserové skenovanie veľkých objektov, CEIT, Žilina, 2016. 295 s.
189. Grigg S.E., et al. Are surgical masks manufactured from sterilisation wrap safe? *Infect Dis Health*. 2021, Vol. 26, Iss. 2, P. 104-109. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idh.2020.11.001>.
190. Haleem A., et al. Exploring the Potential of 3D Scanning in Industry 4.0: An Overview. *International Journal of Cognitive Computing in Engineering*. 2022, Vol. 3, P. 161-171. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijcce.2022.08.003>.
191. Han Z., et al. How do three-layer surgical masks prevent SARS-CoV-2 aerosol transmission? *Sep Purif Technol*. 2023, Vol. 314:123574. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2023.123574>.
192. Hayeem R., et al. Three-Dimensional Facial Scanning at the Fingertips of Patients and Surgeons: Accuracy and Precision Testing of iPhone X Three-Dimensional Scanner. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 2020. Vol. 146(6), P. 1407-1417. DOI: <https://doi.org/10.1097/PRS.0000000000007387>.
193. Head & Face Color 3D Scanner. *Cyberware*. 1999. URL: <http://www.cyberware.com/products/scanners/ps.html> (дата звернення: 23.07.2022).
194. Henneberry B. How surgical masks are made, tested and used. How Surgical Masks Are Made. *Thomas*. 2020. URL: <https://www.thomasnet.com/articles/other/how-surgical-masks-are-made/> (дата звернення: 20.08.2024).
195. Heppt W.J., Vent J. The facial profile in the context of facial aesthetics. *Facial Plast Surg*. 2015, Vol. 31, No. 05. P. 421-430. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0035-1567815>.
196. History of Medical Scrubs. *LifeThreads*. URL: <https://www.life-threads.com/blogs/news/history-of-medical-scrubs> (дата звернення: 20.06.2024).
197. History of medicine. *Wikipedia*. 2002. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_medicine (дата звернення: 20.08.2024).
198. Hoffmeister D., et al. Geoarchaeological site documentation and analysis of 3D data derived by terrestrial laser scanning. *ISPRS Annals of the*

Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2014, Vol. 2, No. 5, P. 173. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprsannals-II-5-173-2014>.

199. How surgical masks are made. *Acme Mills*. 2025. URL: <https://acmemills.com/industry-news-blog/surgical-masks-made/> (дата звернення: 26.03.2025).

200. 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: 26.03.2023).

201. Interpolation. *Wikipedia*. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Interpolation> (дата звернення: 18.04.2024).

202. Ishack S., Lipner S.R. Applications of 3D printing technology to address COVID-19 related supply shortages, *The American Journal of Medicine*. 2020, Vol. 133, Iss. 7. P. 771-773. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2020.04.002>.

203. ISO 16900-1:2020-08 "Respiratory protective devices - Methods of test and test equipment – Part 1: Determination of inward leakage". Atemschutzgeräte - Prüfverfahren und Prüfausrüstung – Teil 1: Bestimmung der nach innen gerichteten Leckage. 2019. 37 p.

204. Ives M. Americans Are Now Learning What People in East Asia Already Knew About Masks. *The New York Times*. 2022. URL: <https://www.nytimes.com/2022/01/15/world/china-masks-usa.html> (дата звернення: 27.10.2022).

205. Janssen L., Weber R. The Effect of Pressure Drop on Respirator Facesal Leakage. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. 2005. Vol. 2, Iss. 7. P. 335–340. DOI: <https://doi.org/10.1080/15459620590965068>.

206. Jazani R., Seyedmehdi S., Kavousi A., Tahernejad S. A Novel Questionnaire to Ergonomically Assess Respirators among Health Care Staff: Development and Validation. *Tanaffos*. 2018. Vol. 17, Iss. 4. P. 257-263.

207. Ji D., Fan L., Li X., Ramakrishna S. Addressing the worldwide shortages of face masks. *BMC Materials*. 2020, Vol. 2, art. 9. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42833-020-00015-w>.

208. 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, No. 2:165. DOI: <https://doi.org/10.1308/rcsann.2014.96.2.165>.

209. Jotz G. P. Bittencourt A. G. Why We Need to Use and which MaskTypes are Effective against the Novel Coronavirus (COVID-19)? *Int Arch Otorhinolaryngol*. 2020, Vol. 24, No. 3, P. 255-257. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0040-1713588>.

210. Ju J., Boisvert L.N., Zuo Y.Y. Face masks against COVID-19: Standards, efficacy, testing and decontamination methods. *Advances in Colloid and Interface Science*. 2021, Vol. 292, art. 102435. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cis.2021.102435>.

211. Kähler C.J., Hain R. Fundamental protective mechanisms of face masks against droplet infections. *Journal of Aerosol Science*. 2020, Vol. 148:105617. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2020.105617>.

212. Kantaros A., et al. Three-Dimensional Printing and 3D Scanning: Emerging Technologies Exhibiting High Potential in the Field of Cultural Heritage. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*. 2023, Vol. 13, No. 8:4777. DOI: <https://doi.org/10.3390/app13084777>.

213. Karabagli Y., et al. Adhesive bands to prevent fogging of lenses and glasses of surgical loupes or microscopes. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 2006, Vol. 117, No. 2. S. 718–719. DOI: <https://doi.org/10.1097/01.prs.0000197904.83274.bb>.

214. Karakoç A., et al. Microstructural Evaluation and Recommendations for Face Masks in Community Use to Reduce the Transmission of Respiratory Infectious Diseases. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*. 2022, Vol. 226:107154. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2022.107154>.

215. Kashyap A., et al. 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-S300. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2020.04.032>.

216. Kaur G., Singh G., Kumar V. Review on Biometric Recognition. *International Journal of Bio-Science and Bio-Technology*. 2014, Vol. 6, No. 4, P. 69-76. DOI: <http://dx.doi.org/10.14257/ijbsbt.2014.6.4.07>.

217. Kaya K. S., et al. Assessment of Facial Analysis Measurements by Golden Proportion. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*. 2019, Vol. 85, Iss. 4. P. 494-501. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2018.07.009>.

218. Kelly G., McCabe H. A survey of procedural techniques for city generation. *The ITB journal*. 2006. Vol. 7, Iss. 2. Art. 5. DOI: [10.21427/D76M9P](https://doi.org/10.21427/D76M9P).

219. Kharaghani D., et al. Preparation and in-vitro assessment of hierarchical organized antibacterial breath mask based on polyacrylonitrile/silver (PAN/AgNPs) nanofiber. *Nanomaterials*. 2018, Vol. 8, Iss. 7:461. DOI: <https://doi.org/10.3390/nano8070461>.

220. Kiekens R.M., et al. Putative golden proportions as predictors of facial esthetics in adolescents. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2008. Vol. 134, Iss. 4, P. 480-483.

221. Kim J.-H., Wu T., Powell J.B., Roberge R.J. Physiologic and fit factor profiles of N95 and P100 filtering facepiece respirators for use in hot, humid environments. *American Journal of Infection Control*. 2016, Vol. 44, Iss. 2. P. 194-198. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2015.08.027>.

222. Kolosnichenko O.V., Pashkevych K.L., Ostapenko N.V., Krotova T.F., Kolosnichenko M.V. Conceptual Design as a Methodology of Harmonious Formation of Classic Men's and Women's Suit. *Art and design*. 2023. №2(22). C. 53–60.

223. Kolosnichenko, O.V., Ostapenko, N.V., Kolosnichenko, M.V. The development of new forms of special clothes by design projecting methods. *Vlakna a Textil*. 2016, №23(2), P. 3–8.

224. Konda A., et al. Aerosol filtration efficiency of common fabrics used in respiratory cloth masks. *ACS Nano*. 2020, Vol. 14, Iss. 5. P. 6339–6347. DOI: <https://doi.org/10.1021/acsnano.0c03252>.

225. König F. Asepsis des Arztes. Müller E, et al. *Die Therapie des praktischen Arztes Erster Band Therapeutische Fortbildung*. Berlin. 1914.

S. 731-748. URL: <https://libarch.nmu.org.ua/handle/GenofondUA/10844> (дата звернення: 23.10.2024).

226. Košir T., Fric K., Filipić A., Kogovšek P. Bacterial Filtration Efficiency of Different Masks. *Strojniški vestnik – Journal of Mechanical Engineering*. 2022, Vol. 68 Iss. 4, P. 225-232. DOI: <https://doi.org/10.5545/sv-jme.2022.34>.

227. Kovacs L., Immermann A., Brockmann G. Three-dimensional recording of the human face with a 3D laser scanner. *J. Plast. Reconstr. Aesthet. Surg.* 2006, 59(11), 1193-1202. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2005.10.025>.

228. Krasniuk L. V., Hornyi P. V., Troyan O. M. Design of Modern Clothing Based on the Transformation of Natural Sources of Inspiration. *Art and Design*. 2024. № 1(25). C.20–33. DOI: <https://doi.org/10.30857/2617-0272.2024.1.2>.

229. Kus A., Unver E., Taylor A. A comparative study of 3D scanning in engineering, product and transport design and fashion design education. *Computer Applications in Engineering Education*. 2009. Vol. 17, No. 3, P. 263–271. DOI: <https://doi.org/10.1002/cae.20213>.

230. Kuzmenko V., Mamchenko Ya., Vesela Yu. Reaserching the Possibilities of Using Innovative Technologies in the Design of Protective Masks. *Technical Scientific Conference of Undergraduate, Master, PhD students, Technical University of Moldova: Conferința Tehnico-Științifică a Studenților, Masteranzilor și Doctoranzilor, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chisinau, Republic of Moldova*, 27-29 martie. 2024. Vol. 4. P. 2163-2165. URL: <https://repository.utm.md/bitstream/handle/5014/28362/Conf-TehStiint-UTM-StudMastDoct-2024-V4-p2163-2165.pdf?sequence=1>.

231. Kuzmenko V.V., Ostapenko N.V. Choosing a 3D scanner for the tasks of the designer. *Theory and practice of design. Culture and art*. 2024. № 4(34). P. 344-351. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2024.34.37>.

232. Lane C., Harrell W.J.R. Completing the 3-dimensional picture. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2008, Vol. 133, Iss. 4. P. 612-620. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2007.03.023>.

233. Lawrence R.B., Duling M.G., Calvert C.A., Coffey C.C. Comparison of performance of three different types of respiratory protection de-vices. *Journal of*

Occupational and Environmental Hygiene. 2006, Vol. 3. Iss. 9. P. 465-474. DOI: <https://doi.org/10.1080/15459620600829211>.

234. Lee S.-A., Grinshpun S.A., Reponen T. Respiratory performance offered by N95 respirators and surgical masks: Human subject evaluation with NaCl aerosol representing bacterial and viral particle size range. *The Annals of Occupational Hygiene*. 2008, Vol. 52, Iss. 3, Pages 177–185. DOI: <https://doi.org/10.1093/annhyg/men005>.

235. Lee W. et al. Application of 3D Scanning in Design Education. *DHM and Posturography*. 2019. P. 721-732. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816713-7.00056-8>.

236. Leung C.C., et al. Mask wearing to complement social distancing and save lives during COVID-19. *International Union Against Tuberculosis and Lung Disease*. 2020. Vol. 24, No. 6, P. 556-558(3). DOI: <https://doi.org/10.5588/ijtld.20.0244>.

237. Leung N.H., et al. Respiratory virus shedding in exhaled breath and efficacy of face masks, *Nature Medicine*. 2020, Vol. 26, Iss. 5. P. 676–680. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41591-020-0843-2>.

238. Libby C., Ehrenfeld J. Facial Recognition Technology in 2021: Masks, Bias, and the Future of Healthcare. *Journal of Medical Systems*. 2021, Vol. 45, No. 39, P. 1-3. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10916-021-01723-w>.

239. Lindsley W.G., et al. Efficacy of Face Shields Against Cough Aerosol Droplets from a Cough Simulator. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. 2014, Vol. 11, No. 8, P. 509–518. DOI: <https://doi.org/10.1080/15459624.2013.877591>.

240. Liu J., et al. Accuracy of 3-dimensional stereophotogrammetry: Comparison of the 3dMD and Bellus3D facial scanning systems with one another and with direct anthropometry. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2021, Vol. 160, Iss. 6, P. 862-871. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2021.04.020>.

241. Lombardi D.A., et al. Factors influencing worker use of personal protective eyewear. *Accident Analysis & Prevention*. 2009, Vol. 41, Iss. 4. P. 755-762. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.03.017>.

242. Luan P.T., Ching C.T.-S., A Reusable Mask for Coronavirus Disease 2019 (COVID-19), *Archives of Medical Research*. 2020, Vol. 51, Iss. 5. P. 455-457. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arcmed.2020.04.001>.

243. Lushevskia O., Yantsalovskyi O., Krasniuk L., Troyan O., Kuleshova S., Ditkovska O. Designing of health-saving men's gloves. *Fibres and Textiles*. 2022, №29(3). P.29-42. DOI: <https://doi.org/10.15240/tul/008/2022-3-004>.

244. Ma Q-X., et al. Potential utilities of mask-wearing and instant hand hygiene for fighting SARS-CoV-2. *Journal of Medical Virology*. 2020, Vol. 92, Iss. 9. P. 1567–1571. DOI: <https://doi.org/10.1002/jmv.25805>.

245. Machine Learning Cloth Simulation Overview. *Epic Developer Documentation*. URL: <https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/machine-learning-cloth-simulation-overview> (дата звернення: 08.03.2024).

246. Mae Yen Yap Jan. Don't Know the Difference between a Surgical Mask and a N95 Respirator? Read This. *Mashable SEA | Latest Entertainment & Trending*. 2020. URL: <https://sea.mashable.com/culture/8552/dont-know-the-difference-between-a-surgical-mask-and-a-n95-respirator-read-this>. (дата звернення: 08.03.2024).

247. Makison Booth C., Clayton M., Crook B., Gawn J.M. Effectiveness of surgical masks against influenza bioaerosols. *Journal of Hospital Infection*. 2013, Vol. 84, Iss. 1. P. 22-26. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2013.02.007>.

248. Malik S.S., Malik S.S. A simple method to prevent spectacle lenses misting up on wearing a face mask. *The Annals of The Royal College of Surgeons of England*. 2011, Vol. 93, No. 2. DOI: <https://doi.org/10.1308/rcsann.2011.93.2.168b>.

249. Marani M., Katul G., Pan W., Parolari A. Intensity and frequency of extreme novel epidemics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2021, Vol. 118, No. 35: e2105482118. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.2105482118>.

250. Marini M., Ansani A., Paglieri F. The impact of facemasks on emotion recognition, trust attribution and re-identification. *Scientific Reports*. 2021, Vol. 11, No. 5577, P. 1-14. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84806-5>.

251. Martcare® Disposable Moulded Mask (M21) FFP2 - Box of 20. *JSP*. URL: [https://www.jspsafety.com/products/beg120-002-b00_martcare-disposable-moulded-mask-\(m21\)-ffp2-box-of-20](https://www.jspsafety.com/products/beg120-002-b00_martcare-disposable-moulded-mask-(m21)-ffp2-box-of-20) (дата звернення: 01.09.2024).

252. Martins A.L.M., et al. Sistematização da fotografia para planejamento cirúrgico em rinoplastia. *Revista Brasileira de Cirurgia Plástica*. 2013, Vol. 28, Supl. 1-103.

253. Masks Save Lives: Duke Study Confirms Which Ones Work Best. *Hartford HealthCare* URL: <https://hartfordhealthcare.org/about-us/news-press/news-detail?articleid=27691&publicId=395> (дата звернення: 27.07.2022).

254. Materials analysis and image-based modelling of transmissibility and strain behaviour in approved face mask microstructures – Scientific Figure on ResearchGate. URL: https://www.researchgate.net/figure/Simulation-of-fibre-distribution-of-all-layers-for-face-masks-A-B-surgical-C-D_fig13_364350247 (дата звернення: 11.05.2024).

255. Matplotlib. *CreatingAnnotatedHeatmaps*. 2021. URL: https://matplotlib.org/stable/gallery/images_contours_and_fields/image_annotated_heatmap.html (Дата звернення: 02.11.2021).

256. Matuschek C., et al. The history and value of face masks. *European Journal of Medical Research*. 2020, Vol. 25. P. 6. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40001-020-00423-4>.

257. Mbunge E., et al. Application of deep learning and machine learning models to detect COVID-19 face masks – A review. *Sustainable Operations and Computers*. 2021, Vol. 2, P. 235-245. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2021.08.001>.

258. Milosz M., Kęsik J., Abdullaev U. 3D Scanning and Modeling of Highly Detailed and Geometrically Complex Historical Architectural Objects: The Example of the Juma Mosque in Khiva (Uzbekistan). *Nature News*. 2024, 12:99. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40494-024-01207-3>.

259. 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>.

260. Moeller I. COVID-19: Effective and responsible biometrics solutions and concepts in a time of pandemic – building a resilient response. *Technical Report*. Biometrics Institute, 2020. 41 p.

261. Moraes C., Rosa E. Protocolo Geral para Digitalização de Faces Voltado ao Planejamento de Cirurgia Ortognática e Rinoplastia – Comparação entre Ferramentas. Cícero Moraes. 2018. URL: <http://www.ciceromoraes.C.om.br/blog/?p=2989> (дата звернення: 20.10.2022).

262. Mueller A.V., et al. 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. 950-62. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matt.2020.07.006>.

263. N95 vs FFP3 & FFP2 Masks – What’s the Difference? *Fast Life Hacks*. 2023. URL: <https://fastlife hacks.com/n95-vs-ffp/> (дата звернення: 27.05.2024).

264. Neilson S. The surgical mask is a bad fit for risk reduction. *CMAJ*. 2016. Vol. 188 (8). P. 606-607; DOI: <https://doi.org/10.1503/cmaj.151236>.

265. Nelson T.J., Colton C.E. The Effect of Inhalation Resistance on Facepiece Leakage. *AIHAJ – American Industrial Hygiene Association*. 2000. Vol. 61, No. 1. P. 102–105. DOI: <https://doi.org/10.1080/15298660008984522.1>.

266. New Compact 3D Scanner. *Metal Powder Report*. 2021. Vol. 76, Iss. 4. P. 183. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mprp.2021.06.077>

267. Newman L. 6 Exciting Ways to Use LiDAR on iPhone. *MUO*. 2023. URL: <https://www.makeuseof.com/iphone-lidar-uses/> (last accessed 12.02.2024).

268. NIOSH Guide to the Selection and Use of Particulate Respirators. Certified Under 42 CFR 84. *National Institute for Occupational Safety and Hygiene (NIOSH)*. 2014. URL: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/96-101/default.html#print>. (дата звернення: 27.05.2024).

269. Noise generation in UE4. *Notion*. URL: <https://3dreference.notion.site/Noise-Generation-In-UE4-85216ac223cc4b238f93937db6a5a77d> (дата звернення: 22.03.2024).

270. Noise. *Epic Developer Community*. URL: <https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/utility-material-expressions-in-unreal-engine#noise> (дата звернення: 09.02.2024).

271. Noyes E., et al. The Effect of Face Masks and Sunglasses on Identity and Expression Recognition with Super-Recognizers and Typical Observers. *Royal Society Open Science*. 2021, Vol. 8, No. 3. P. 1-18. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsos.201169>.

272. O'Donnell V.R., Chinelatto L.A., Rodrigues C., Hojaij F.C. A brief history of medical uniforms: from ancient history to the COVID-19 time. *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões*. 2020. Vol. 47. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-6991e-20202597>.

273. O'Dowd K., et al. Face masks and respirators in the fight against the COVID-19 pandemic: a review of current materials, Advances and Future Perspectives. *Materials*. 2020, Vol. 13, Iss. 15, art. 3363. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma13153363>.

274. O'Kelly E., et al. Performing Qualitative Mask Fit Testing without a Commercial Kit: Fit Testing Which can be Performed at Home and at Work. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*. 2020, Vol. 16, Iss. 1, P. 60-64. DOI: <https://doi.org/10.1017/dmp.2020.352>.

275. O'Kelly E., et al. 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>.

276. O'Kelly E., et al. Improving Fabric Face Masks: Impact of Design Features on the Protection Offered by Fabric Face Masks. *MedRxiv*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1101/2021.01.21.20228569>.

277. Oberg T., Brosseau L.M. Surgical mask filter and fit performance. *American Journal of Infection Control*. 2008, Vol. 36, Iss. 4. P. 276-282. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2007.07.008>.

278. Oestenstad R.K., Dillion H.K., Perkins L.L. Distribution of Faceséal Leak Sites on a Half-Mask Respirator and Their Association with Facial Dimensions. *American Industrial Hygiene Association Journal*. 1990. Vol. 51, No. 5. P. 285–290. DOI: <https://doi.org/10.1080/15298669091369664>.

279. Packiriswamy V., Kumar P., Rao M. Identification of facial shape by applying golden ratio to the facial measurements: an inter-racial study in Malaysian

population. *North American Journal of Medical Sciences*. 2012. Vol. 4, Iss. 12. P. 624-629. DOI: <https://doi.org/10.4103/1947-2714.104312>.

280. 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>.

281. Pashkevych K.L., Khurana K., Kolosnichenko O.V., Krotova T.F., Veklich A.M. Modern Directions of Eco-Design in the Fashion Industry. *Art and Design*. 2019. №4. P.9–20. DOI: <https://doi.org/10.30857/2617-0272.2019.4.1>.

282. Patil S.R., Weighill F.J. The use of two face masks to prevent clouding of spectacles and surgical visors. *Ann R Coll Surg Engl*. 2000, Vol. 82: 442.

283. Pérez-Albaladejo, E.; Fernandes, D.; Lacorte, S.; Porte, C. Comparative Toxicity, Oxidative Stress and Endocrine Disruption Potential of Plasticizers in JEG-3 Human Placental Cells. *Toxicology in Vitro*. 2017, Vol. 38, P. 41–48. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tiv.2016.11.003>.

284. Perlin K. An image synthesizer. *ACM SIGGRAPH Computer Graphics*. 1985. Vol. 19, No. 3. P. 287–296. DOI: <https://doi.org/10.1145/325165.325247>.

285. Perlin noise. *Wikipedia*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Perlin_noise (дата звернення: 15.02.2024).

286. Perlin K. An Image Synthesizer. *ACM SIGGRAPH Computer Graphics*. 1985. Vol. 19. P. 287-296. DOI: <https://doi.org/10.1145/325165.325247>.

287. Point cloud. *Wikipedia*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Point_cloud (дата звернення: 20.10.2023).

288. Prata J.C., et al. COVID-19 Pandemic Repercussions on the Use and Management of Plastics. *Environ. Sci. Technol*. 2020, Vol. 54, Iss. 13. P. 7760–7765. DOI: [10.5194/egusphere-egu21-1293](https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-1293).

289. Prävention postoperativer Wundinfektionen. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz*. 2018. Vol. 61. P. 448-473. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00103-018-2706-2>.

290. Prokopakis E.P., et al. The golden ratio in facial symmetry. *Rhinology*. 2013; Vol. 51, Iss. 1. P. 18-21. DOI: <https://doi.org/10.4193/Rhino12.111>.

291. Provenzano D., et al. Rapid Prototyping of Reusable 3D-Printed N95 Equivalent Respirators at the George Washington University. *Preprints*. 2020: 2020030444. DOI: <https://doi.org/10.20944/preprints202003.0444.v1>.

292. Pseudo random number generator (PRNG). *GeeksforGeeks*. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/pseudo-random-number-generator-prng> (дата звернення: 27.03.2024).

293. Pucci B., Marambio A. Olerdola's cave, Catalonia past and present: a virtual reality reconstruction from terrestrial laser scanner and gis data. *3rd. International Workshop 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures*. Trento: 2009. P. 1-14. URL: <http://hdl.handle.net/2117/9187> (дата звернення: 12.03.2024).

294. Qian Y., et al. Performance of N95 respirators: filtration efficiency for airborne microbial and inert particles, *American Industrial Hygiene Association Journal*. 1998, Vol. 59, Iss. 2. P. 128-132. DOI: <https://doi.org/10.1080/15428119891010389>.

295. Radu B., Cousins R., Cousins S. 3D is here: Point Cloud Library (PCL). *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*. 2011. <https://doi.org/10.1109/ICRA.2011.5980567>.

296. Rahman M.Z., et al. Face Masks to Combat Coronavirus (COVID-19) – Processing, Roles, Requirements, Efficacy, Risk and Sustainability. *Polymers*. 2022, Vol. 14, Iss. 7:1296. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym14071296>.

297. Rahne T., Frohlich L., Plontke S., Wagner L. Influence of surgical and N95 face masks on speech perception and listening effort in noise. *PLoS ONE*. 2021, Vol. 16, No. 7, P. 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253874>.

298. Ramadhan D.A., Indriyanti A.D. Procedural content generation pada game world exploration sandbox menggunakan algoritma perlin noise. *Journal of informatics and computer science (JINACS)*. 2022. Vol. 4, No. 01. P. 86–91. DOI: <https://doi.org/10.26740/jinacs.v4n01.p86-91>.

299. Ramratan G., Kumar A, Kumar R. Reusable face mask for the knitted fabric with finishes treatment. *Textile Engineering & Fashion Technology*. 2020, Vol. 6, Iss. 2, P. 61-69. DOI: [10.15406/jteft.2020.06.00231](https://doi.org/10.15406/jteft.2020.06.00231).

300. Rasekh M., Pisapia F., Howkins A., Rees D. Materials analysis and image-based modelling of transmissibility and strain behaviour in approved face mask microstructures. *Scientific Reports*, 2022, Vol. 12, Iss. 1:17361. P. 1-16. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-22102-6>.

301. Remondino F., Barazzetti L., Nex F., Scaioni M., Sarazzi D. Uav Photogrammetry for Mapping and 3D Modeling. Current Status And Future Perspectives. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2011. Vol. XXXVIII-1/C22. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XXXVIII-1-C22-25-2011>.

302. Rengasamy S., Eimer B., Shaffer R.E., Simple respiratory protection – evaluation of the filtration performance of cloth masks and common fabric materials against 20-1000 nm size particles, *The Annals of Occupational Hygiene*. 2010, Vol. 54, Iss. 7. P. 789–798. DOI: <https://doi.org/10.1093/annhyg/meq044>.

303. Rianmora S., et al. Applying scanning techniques to create 3D model. *IECON 2015 – 41st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*. 2015. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7392920/authors#authors> (дата звернення: 08.03.2024).

304. Rocchini C., et al. 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>.

305. Rohrich R.J., Adams W.P., Ahmad J. Gunter J. Dallas rinoplastia: cirurgia do nariz pelos mestres; tradução Nathália de Moura D'Ajello, Mônica Brito. 3rd ed. Rio de Janeiro: Revinter. 2016. 1706 p.

306. Roncat A., Dublyansky Y., Spötl C., Dorninger P. Full-3D surveying of caves: a case study of Märchenhöhle (Austria). *IAMG 2011 – Annual Conference of the International Association for Mathematical*, September 5-9, Salzburg, Austria. 2011. P. 1393-1403. DOI: <https://doi.org/10.5242/IAMG.2011.0074>.

307. Rosenstrom E., et al. High-Quality masks reduce COVID-19 infections and deaths in the US. *medRxiv*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1101/2020.09.27.20199737>.

308. 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>.
309. *NumPy*. 2021. URL: <https://numpy.org/doc/stable> (дата звернення: 23.11.2022).
310. Saberian M., et al. Repurposing of COVID-19 Single-Use Face Masks for Pavements Base/Subbase. *Science of The Total Environment.* 2021, Vol. 769, 145527. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145527>.
311. Sansoni G., Docchio F. Three-dimensional optical measurements and reverse engineering for automotive applications. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing.* 2004, Vol. 20, Iss. 5. P. 359-367. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2004.03.001>.
312. Santos M., et al. Are cloth masks a substitute to medical masks in reducing transmission and contamination? A systematic review. *Brazilian Oral Research.* 2020, Vol. 34: e123. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2020.vol34.0123>.
313. Schenk T. Introduction to photogrammetry. The Ohio State University, Columbus. 2005. 106 p.
314. Schlich T. The Palgrave Handbook of the History of Surgery Palgrave. Basingstoke. 2018. 578 p.
315. Seidi F., et al. Functionalized masks: Powerful materials against COVID-19 and future pandemics. *Small.* 2021, Vol. 17, No. 42, art. e2102453. DOI: <https://doi.org/10.1002/sml.202102453>.
316. Selviana R., Fiastat Lugata D. B., Alimin A. Implementasi generate map dan pemunculan objek secara acak pada game 3D menggunakan bahasa C# dan metode perlin noise di unity: studi kasus pada game development. *Spirit.* 2023. Vol. 15, No. 1. P. 18-22. DOI: <http://dx.doi.org/10.53567/spirit.v15i1.279>.
317. Semmelweis I. P. Die Aetiologie, der Begriff und die Prophylaxis des Kind-bettfiebers. Hartleben, Pest; 1861. 543 s.
318. Seto W.H., et al. Effectiveness of precautions against droplets and contact in prevention of nosocomial transmission of severe acute respiratory

syndrome (SARS). *Lancet*. 2003, Vol. 361(9368). P. 1519-1520. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(03\)13168-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(03)13168-6).

319. Sforza C., de Menezes M., Ferrario V.F. Soft- and Hard-Tissue Facial Anthropometry in Three Dimensions: What's New. *Journal of Anthropological Sciences*. 2013, Vol. 91:159-84. DOI: <https://doi.org/10.4436/jass.91007>.

320. Shakya K.M., et al. Evaluating the efficacy of cloth facemasks in reducing particulate matter exposure. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*. 2017. Vol. 27(3). P. 352–357. DOI: <https://doi.org/10.1038/jes.2016.42>.

321. Shamata A., Thompson T. Documentation and analysis of traumatic injuries in clinical forensic medicine involving structured light three-dimensional surface scanning versus photography. *Journal of Forensic and Legal Medicine*. 2018. Vol. 58. P. 93-100. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2018.05.004>.

322. Silva A., et al. Cloth masks as respiratory protections in the COVID-19 pandemic period: evidence gaps. *Revista Brasileira de Enfermagem*. 2020. Vol. 73 (suppl 2), art. e20200239. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2020-0239>.

323. Simplerandom. *PyPI*. URL: <https://pypi.org/project/simplerandom/> (дата звернення: 11.05.2022).

324. Skliarenko N. V. Boundary state of the design systems: the designing aspects. *Theory and practice of design*. 2017. No. 11. P. 182–192. DOI: <https://doi.org/10.18372/2415-8151.11.11895>.

325. Smile Protector. *STEK Care*. 2021. URL: <https://stekcare.com/antimicrobial-films/smileprotector/> (дата звернення: 10.10.2023).

326. SolidWorks. *Wikipedia*. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/SolidWorks> (дата звернення: 20.12.2023).

327. Standards on the Use of Face Masks or Visors/Face Shields in the Community for decreasing COVID-19. URL: https://deputyprimeminister.gov.mt/en/health-promotion/covid-19/Documents/mitigation-conditions-andguidances/Standards_Use_of_Face_Masks_And_Visors.pdf (дата звернення: 09.10.2021).

328. Straka M. Logistika distribúcie, Ako efektívne dostať výrobok na trh, 1. ed., Bratislava, EPOS. 2013. 400 p. (Original in Slovak).
329. Suhaila N., Fatin S. Biometrics Systems Challenges in a Post-COVID-19 Pandemic World: A review. *Al-Mansour Journal*. 2023. Iss. 39. URL: https://www.researchgate.net/publication/373598346_Biometrics_Systems_Challenges_in_a_Post-COVID-19_Pandemic_World_A_review (дата звернення: 08.03.2024).
330. Sun C-M., et al. Stereoscopic flatbed scanner. *Journal of Electronic Imaging*. 2009. Vol. 18, Iss. 1:013002. DOI: <https://doi.org/10.1117/1.3059582>.
331. Sunilkumar L.N., et al. Assessment of facial golden proportions among north maharashtrian population. *Journal of International Oral Health*. 2013, Vol. 5. P. 48-54.
332. Sureka B., Misra S. N95 respirator or triple layer surgical mask: Radiologist perspective. *Indian Journal of Radiology and Imaging*. 2021, Vol. 31 (S 01). S198-S203. DOI: https://doi.org/10.4103/ijri.IJRI_350_20.
333. Swarnkar A. Real-Time face distance measurement with python and opencv. *Medium*. 2023. URL: <https://medium.com/@ayushiswarnkar25/real-time-face-distance-measurement-with-python-and-opencv-f2b740d54d43> (дата звернення: 25.02.2024).
334. Swennen G.R., Pottel L., Haers P.E. Custom-made 3D-printed face masks in case of pandemic crisis situations with a lack of commercially available FFP2/3 masks. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2020, Vol. 49, Iss. 5. P. 673-677. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2020.03.015>.
335. Tang J.W., et al. Qualitative real-time schlieren and shadowgraph imaging of human exhaled airflows: an aid to aerosol infection control. *PLoS One*. 2011, Vol. 6, Iss. 6: e21392. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0021392>.
336. Tang S., et al. Aerosol transmission of SARS-CoV-2? Evidence, prevention and control. *Environment International*. 2020, Vol. 144:106039. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106039>.
337. Tcharkhtchi A., et al. An overview of filtration efficiency through the masks: Mechanisms of the aerosols penetration. *Bioact Mater*. 2021, Vol. 6, Iss. 1. P. 106–122. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2020.08.002>.

338. Technical Datasheet 3M™ 8000 Series Particulate Respirators. 3M. 2018. URL: <https://multimedia.3m.com/mws/media/699174O/tech-data-sheet-3m-8000-series-disposable-respirators.pdf> (дата звернення: 01.10.2024).

339. Technical Datasheet 3M™ Aura 9300. 3M. 2013. URL: <https://multimedia.3m.com/mws/media/1829292O/3m-aura-particulate-respirator-9300-series-technical-datasheet.pdf> (дата звернення: 01.10.2024).

340. Technical Datasheet 3M™ VFlex™ 9101 / 9101S 9152 / 9152S. 3M. URL: https://media-pim.rubix.com/medias/technical_datasheet/09/09/1300000090909/3m-vflex-disposable-respirators-technical-datasheet.pdf?v=210115152745+0100&attachment=true (дата звернення: 01.10.2022).

341. The History of Medical Scrubs. *Scrub Med.* URL: <https://scrubmed.com/blog/the-history-of-medical-scrubs/> (дата звернення: 15.07.2024).

342. The History of Scrubs. *Raley Scrubs.* URL: <https://www.raleyscrubs.com/thehistoryofscrubs> (дата звернення: 19.05.2024).

343. Thurzo A., et al. Smartphone-Based Facial Scanning as a Viable Tool for Facially Driven Orthodontics? *Sensors*. 2022. Vol. 22, Iss. 20. P. 7752. DOI: <https://doi.org/10.3390/s22207752>.

344. ToF vs. LiDAR: What's the Difference? *MakeUseOf*. 2023. URL: <https://www.makeuseof.com/tof-and-lidar-difference/> (дата звернення: 28.11.2023).

345. Tognola G., et al. Gradient vector flow snake method for quantitative image reconstruction applied to mandibular distraction surgery. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*. 2009, Vol. 58, Iss. 7. P. 2087-2093. DOI: <https://doi.org/10.1109/TIM.2009.2015525>.

346. Tollefson T.T., Sykes J.M. Computer imaging software for profile photograph analysis. *Arch Facial Plast Surg*. 2007, Vol. 9, No. 2. P. 113-119. DOI: <https://doi.org/10.1001/archfaci.9.2.113>.

347. Tommaselli A.M.G., et al. Fotogrametria: aplicações a curta distância. In: Meneguetti M. Jr, Alves N., editors. FCT 40 anos: perfil científico-educacional. *Presidente Prudente SP*. 1999. P. 147-159.

348. Toscano J.C., Toscano C.M. Effects of face masks on speech recognition in multi-talker babble noise. *PLoS ONE*. 2021, Vol. 16, No. 2, P. 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246842>.

349. Transmission of SARS-CoV-2: Implications for Infection Prevention Precautions. *World Health Organization*. 2020. URL: <https://www.who.int/news-room/commentaries/detail/transmission-of-sars-cov-2-implications-for-infection-prevention-precautions> (дата звернення: 23.10.2022).

350. Tunevall G. New routines for prevention of postoperative infections. A review. *Lakartidningen*. 1981. Vol. 78(36). P. 3035–3037.

351. Tunevall T. G. Postoperative wound infections and surgical face masks: A controlled study. *World Journal of Surgery*. 1991. Vol. 15(3), P. 383-387. DOI: <https://doi.org/10.1007/bf01658736>.

352. Understanding perlin noise. *Adrian's soapbox*. 2014. URL: <https://adrianb.io/2014/08/09/perlinnoise.html> (дата звернення: 09.04.2023).

353. Understanding the Difference. *Centres for Disease Control and Prevention*. URL: <https://www.cdc.gov/niosh/npptl/pdfs/understanddifferenceinfographic-508.pdf> (дата звернення: 18.04.2020).

354. Using Face Masks in the Community – Reducing COVID-19 Transmission from Potentially Asymptomatic or Pre-Symptomatic People through the Use of Face Masks. *European Centre for Disease Prevention and Control*. 2020. URL: <https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/COVID-19-use-face-masks-community.pdf> (Дата звернення: 18.04.2020).

355. Van Loon B., et al. Three-dimensional changes in nose and upper lip volume after orthognathic surgery. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2015, Vol. 44, Iss. 1. P. 83-89. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2014.08.001>.

356. Venugopal A., Sidhartha S.S., Jangyadatta P. Double masking protection vs. Comfort – A quantitative assessment. *Physics of Fluids*. 2021. [Vol. 33, Iss. 7](#):077120. DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0058571>.

357. Wain R., Sleat D. The role of face shields in responding to Covid-19. *Tony Blair Institute for Global Change*, 2020. URL:

<https://institute.global/insights/public-services/role-face-shields-responding-covid-19> (дата звернення: 10.10.2020).

358. Wang X. Scanning probe contact printing. *Langmuir*. 2003. Vol. 19, No 21. P. 8951–8955. DOI: <https://doi.org/10.1021/la034858o>.

359. Wang Z., et al. Masked Face Recognition Dataset and Application. 2020. *arXiv.Org*. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2003.09093>.

360. Wen A., et al. Comparison Study of Extraction Accuracy of 3D Facial Anatomical Landmarks Based on Non-Rigid Registration of Face Template. *Diagnostics*. 2023, Vol. 13, No. 6, 1086. DOI: <https://doi.org/10.3390/diagnostics13061086>.

361. Wen Z, Yu L, Yang W. et al. Assessment the protection performance of different level personal respiratory protection masks against viral aerosol. *Aerobiologia*. 2013, Vol. 29, P. 365–372. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10453-012-9286-7>.

362. What 3D Scanning Can Do for Reverse Engineering. *Linkedin*. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/what-3d-scanning-can-do-reverse-engineering-3dscantech> (дата звернення: 14.09.2023).

363. What Is Structured Light Scanning? *MEDIT*. URL: <https://www.medit.com/what-is-structured-light-scanning/> (дата звернення: 24.11.2023).

364. Xie H., et al. Face Mask – A Potential Source of Phthalate Exposure for Human. *Journal of Hazardous Materials*. 2022, Vol. 422, 126848. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126848>.

365. Xiong, H., et al. Scanning freeform objects by combining shape from silhouette and shape from line structured light. *International Symposium on Optoelectronic Technology and Application 2014: Laser and Optical Measurement Technology and Fiber Optic Sensors*. 2015. Vol. 929:92972F. DOI: <https://doi.org/10.1117/12.2071553>.

366. Yang A., et al. Thermal management in nanofiber-based face mask. *Nano Letters*. 2017, Vol. 17, Iss. 6. P. 3506–3510. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.nanolett.7b00579>.

367. Yang P., et al. Mask-wearing and respiratory infection in healthcare workers in Beijing, China. *Braz J Infect Dis*. 2011, Vol. 15, Iss. 2. P. 102–108. DOI: [https://doi.org/10.1016/s1413-8670\(11\)70153-2](https://doi.org/10.1016/s1413-8670(11)70153-2).

368. Yao B.-G., et al. Impact of structural features on dynamic breathing resistance of healthcare face mask, *Sci. Total Environ*. 2019, Vol. 689. P. 743–753. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.463>.

369. Yastikli N. Documentation of cultural heritage using digital photogrammetry and laser scanning. *Journal of Cultural Heritage*. 2007; Vol. 8, Iss. 4. P. 423-427. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.culher.2007.06.003>.

370. Yim W., et al. KN95 and N95 Respirators Retain Filtration Efficiency despite a Loss of Dipole Charge during Decontamination. *ACS Applied Materials & Interfaces*. 2020, Vol.12, No. 49. P. 54473–54480. DOI: <https://doi.org/10.1021/acsami.0c17333>.

371. Yip E., Smith A., Yoshino M. Volumetric evaluation of facial swelling utilizing a 3-D range camera. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2004, Vol. 33, Iss. 2. P. 179-182. DOI: <https://doi.org/10.1054/ijom.2003.0501>.

372. Yu M., et al. Face anthropometry for filtering facepiece respirators: analysis of the association between facial dimensions and respirator fit. *Annals of work exposures and health*. 2024, Vol. 68, Iss. 3. P. 312-324. DOI: <https://doi.org/10.1093/annweh/wxae005>.

373. Zementalist / Facial-Features-Measurement-and-Analysis. *GitHub*. 2021. URL: <https://github.com/zementalist/Facial-Features-Measurement-and-Analysis> (дата звернення: 18.04.2020).

374. Zhang B.L., Zhang H., Ge S.S. Face Recognition by Applying Wavelet Subband Representation and Kernel Associative Memory. *IEEE Transaction on neural networks*. 2004, Vol. 15, No. 1. P.166-177.

375. Zhang X., Gao Yo., Zhao S. Lighting Analysis and Texture Modification of 3D Human Face Scans. *Conference: Digital Image Computing Techniques and Applications, 9th Biennial*. 2008. P. 402-407. DOI: <https://doi.org/10.1109/DICTA.2007.4426825>.

376. Zhao Y-J., Xiong Y-X., Wang Y. Three-Dimensional Accuracy of Facial Scan for Facial Deformities in Clinics: A New Evaluation Method for Facial Scanner Accuracy . National Institutes of Health. *PLoS ONE*. 2017. Vol. 12, No.1: e0169402. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169402>.

377. Zhou S.S., et al. Assessment of a respiratory face mask for capturing air pollutants and pathogens including human influenza and rhinoviruses. *Journal of Thoracic Disease*. 2018, Vol. 10, No. 3. P. 2059-2069. DOI: <https://doi.org/10.21037/jtd.2018.03.103>.

378. Zhu Y. Application of Motion Capture Technology in 3D Animation Creation. Proceedings of the 3rd International Conference on Culture, Education and Economic Development of Modern Society (ICCESE 2019). *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*. 2019. P. 452-456. DOI: <https://doi.org/10.2991/iccese-19.2019.101>.

379. Zuri G., et al. Migration of Microplastics and Phthalates from Face Masks to Water. *Molecules*. 2022, Vol. 27, Iss. 20: 6859. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules27206859>.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А ІЛЮСТРАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ

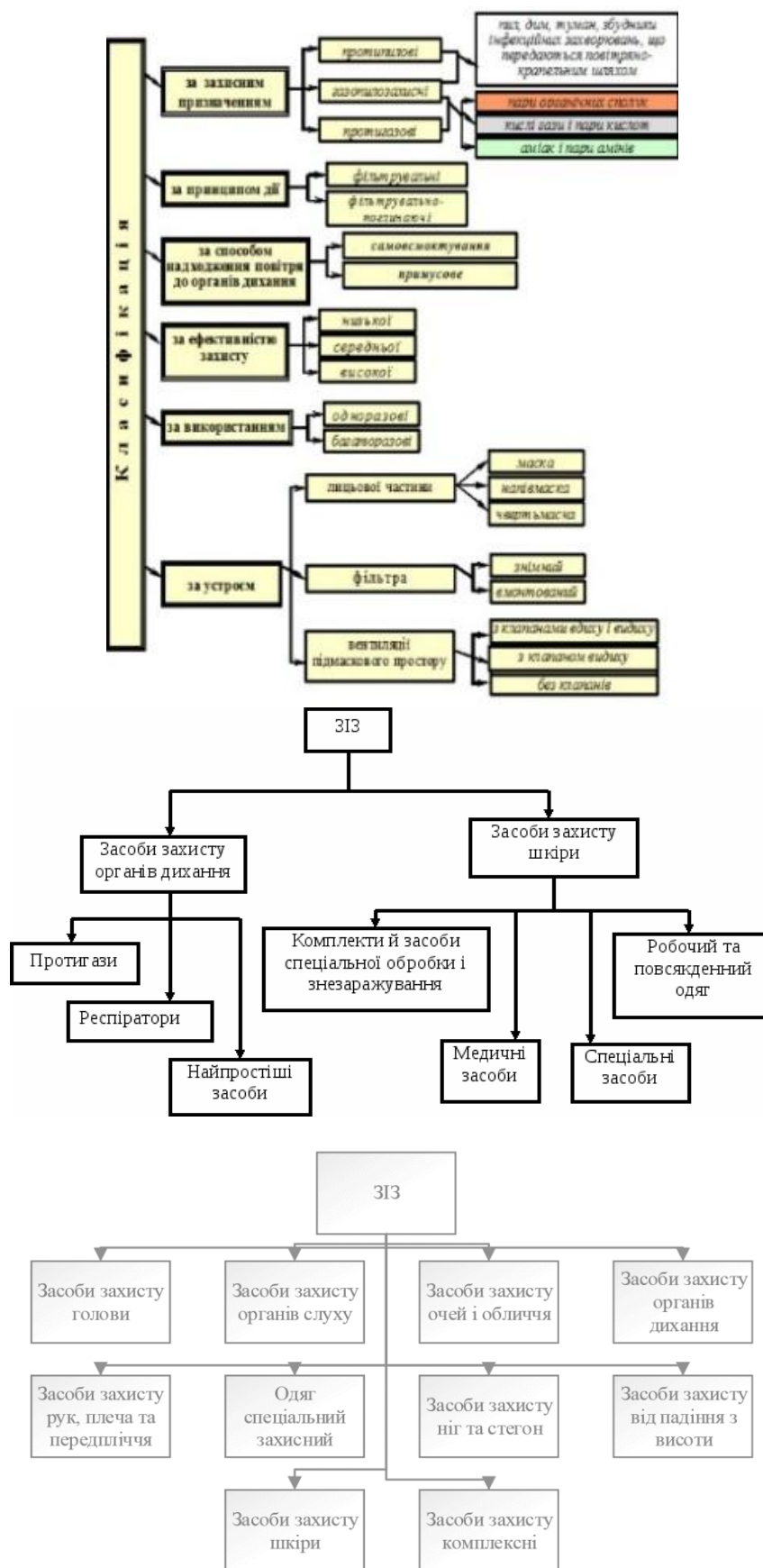


Рис. А.1. Різновиди класифікації засобів індивідуального захисту людини відповідно до визначених ознак за [6; 76; 81]



Рис. А.2, рис. А.3. Методи лікування хворих під час бубонної чуми

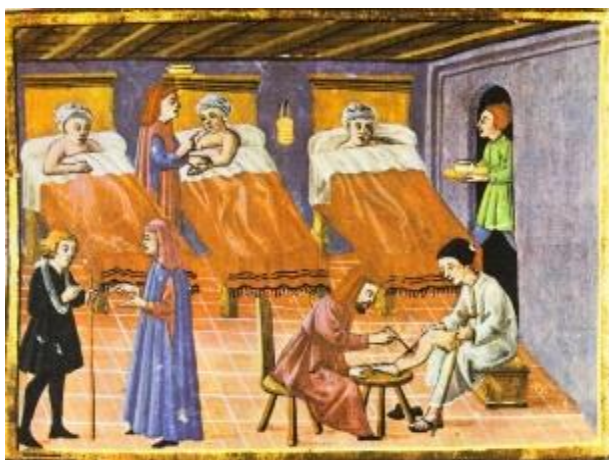


Рис. А.4. Лікарні під час чуми



Рис. А.5. Костюм знаті XIV – XVI ст. з елементами захисту органів дихання



Рис. А.6. Лікар чуми з Риму XVII ст.; розфарбована гравюра доктора Шнабеля



Рис. А.7. Маска костюма чумного лікаря у вигляді дзьоба



Рис. А.8. Чумний лікар за авторством художника Жан-Жака Манже, 1721 р.



Рис. А.9. Ян Стін, «Візит лікаря», бл. 1658–62 рр.



Рис. А.10. Джон Семюел Агар «Портрет Крістофера Пегге», 1813р.



Рис. А.11. Томас Ікінс, «Клініка Агню», 1889 р. Університет Пенсільванії, США



Рис. А.12. Патрулі Червоного Хреста під час епідемії грипу в Сент-Луїсі, штат Міссурі, жовтень 1918 р.

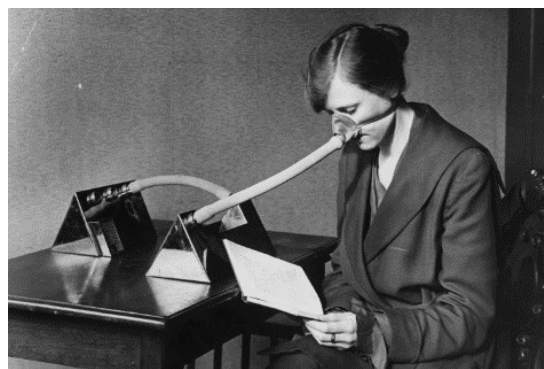


Рис. А.13. Жінка в захисній масці в час епідемії іспанського грипу, лютий 1919 р.



Рис. А.14. Американські солдати полощуть рот солоною водою задля профілактики іспанського грипу, але цей захід виявився неефективним, вересень 1918 р.



Рис. А.15. Поліцейські Сіетла в захисних марлевих масках для обличчя під час епідемії грипу, 1918 р.



Рис. А.16. Японські школярки в захисних масках, лютий 1920 р.



Рис. А.17. Публікація в газеті Illustrated Current News з порадами щодо профілактики іспанського грипу, 1918 р.



Рис. А.18. Медсестра перевіряє стан пацієнтів у лікарні імені Волтера Ріда під час пандемії грипу, Вашингтон, округ Колумбія, 1918 р.



Рис. А.19. Патруль Червоного Хреста заносить пацієнта в карету швидкої допомоги під час епідемії іспанського грипу в Сент-Луїсі, штат Міссурі, жовтень 1918 р.



Рис. А.20. Карантинне наметове містечко для хворих на іспанський грип у Брукліні, штат Массачусетс, жовтень 1918 року.



Рис. А.21. Працівники Червоного Хреста під час пандемії грипу складають багаторазові маски, Бостон, штат Массачусетс, США, березень 1919 р.



Рис. А.22. Технічний рисунок операційного халату хірурга та медсестри Червоного Хреста, 1917 р.



Рис. А.23. Жінки у вуалях (початок XX ст.)



Рис. А.24. Костюм медиків під час Іспанського грипу



Рис. А.25. Кадр з серії вестерну, 1957-1963 рр.



Рис. А.26. Костюми лікарів під час пандемії COVID-19



Рис. А.27. Уніформа для операцій та при пандемії COVID-19



Рис. А.28. Уніформа сучасних лікарів



а)

б)

Рис. А.29. Історія медичного одягу: а) – костюм противочумний та сучасний одяг лікарів; б) – захисна маска як прототип протичумного дзвобу



а)



б)

в)

д)

Рис. А.30. Сучасний медичний одяг (а) та (б) захисні маски різних виробників; (в) повнолицьова маска RSG 400E (400201) неопрен; д) зображення потенційних проблем, з якими стикається населення, яке носить маски за відсутності належної медичної освіти



Рис. А.31. Хірургічна маска для обличчя як символ нашого часу [200]

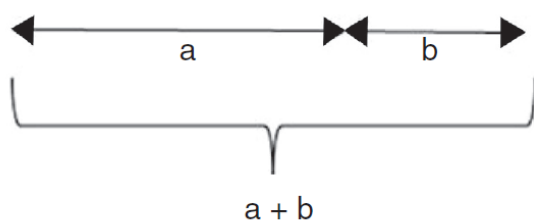


Рис. А.32. Золотий перетин = $a+b/a = a/b$

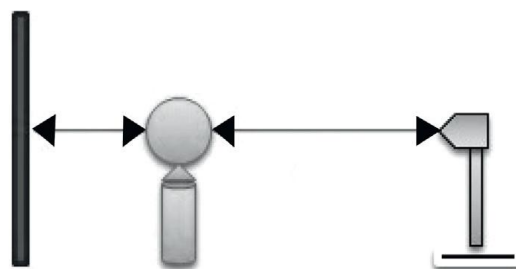


Рис. А.33. Відстані фотографування. Були зроблені фотографії з постійної позиції пацієнта

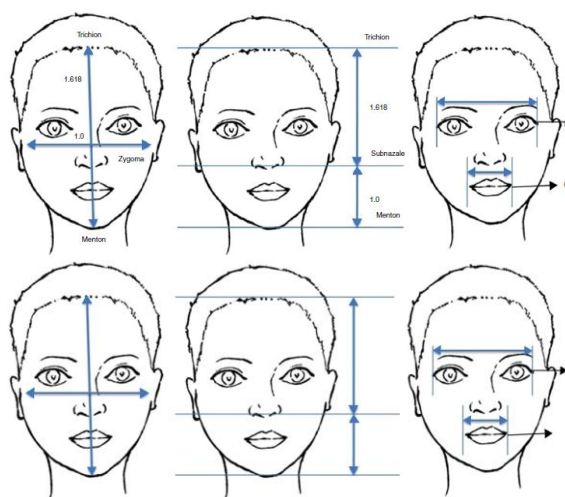


Рис. А.34. Вимірювання та співвідношення. Анатомічні точки, вимірювання та пропорції, які використовуються для аналізу обличчя

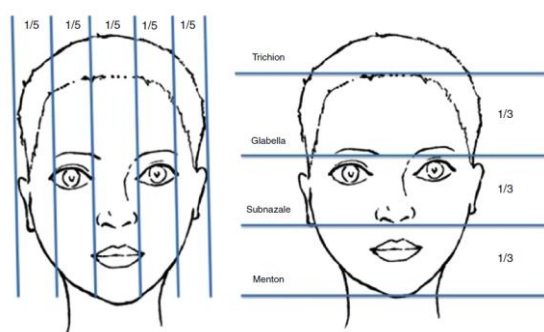


Рис. А.35. Співвідношення висоти та ширини границь обличчя. Обличчя поділяється на п'ять рівних частин у вертикальній площині та три рівні частини всередині горизонтальній площині



Рис. А.36. 3D лазерний сканер Faro для промислового сканування



Рис. А.37. Рулетка об'єкта [160]



Рис. А.38. Сканування голови людини [160]



Рис. А.39. Тривимірний сканер із рукою та смугою з ручним керуванням [160]

Рисунок А.39 Тривимірний сканер із рукою та смугою з ручним керуванням
рукою з ручним керуванням смуговий 3D-сканер – і до цього часу 3D-моделісти були єдині у своїх пошуках точно. Після 1985 року їх замінили сканерами, які могли використовувати біле світло, лазери та тіні для захоплення певної поверхні. Далі – коротка історія розвитку 3D сканування. З появою комп'ютері в стало можливим побудувати дуже складну модель, але проблема виникла зі створенням цієї моделі.

Складні поверхні не піддаються вимірюванню, як показано на рисунку А.37.

До середини дев'яностих вони перетворилися на повний сканер тіла, як показано на малюнку. Тут з'явилися 3D сканери. У 1994 році компанія 3D Scanners випустила REPLICA, яка дозволяла швидко та високоточно сканувати дуже детальні об'єкти. Серйозний прогрес у лазерному скануванні смуг відзначила REPLICA.

Рисунок А.38 Сканування голови людини.

Тим часом Cyberware розробляли власні сканери з високою деталізацією, деякі з яких також могли фіксувати колір об'єкта, але, незважаючи на цей прогрес, справжнє тривимірне сканування – з такими ступенями швидкості та точності – залишалося недосяжним. Однією з перших програм було зйомка людей для анімаційної індустрії. Cyberware Laboratories з Лос-Анджелеса розробила цю сферу у вісімдесятих роках за допомогою сканера голови, як показано на рисунку А.38.

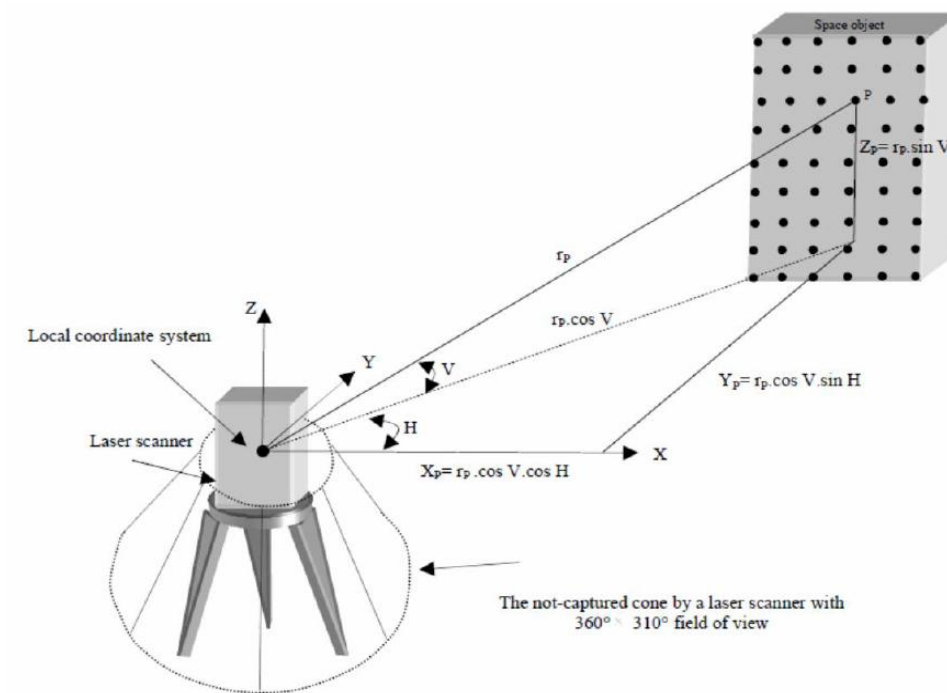


Рис. А.40. Вимірювання координат точок лазерним сканером



Рис. А.41. Приклад реплікації реального об'єкта за допомогою 3D-сканування та 3D-друку



Рис. А.42. 3D селфі



Рис. А.43. Узагальнення угруповань виробів індивідуального захисту із спеціальним та захисним одягом різного призначення

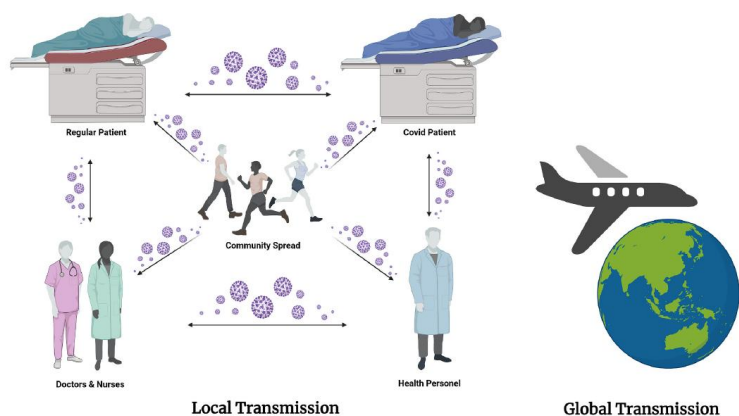


Рис. А.44. Діаграма показує різні способи передачі захворювання COVID-19 (створено за допомогою BioRender.com)

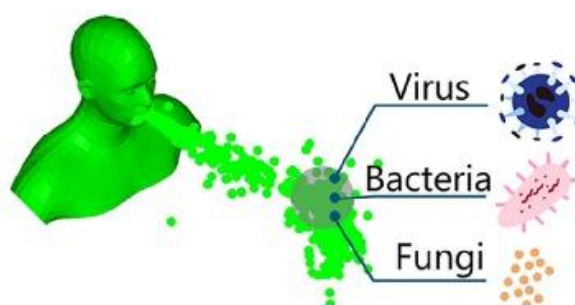


Рис. А.45. Патогени, які переносяться повітряно-крапельним шляхом з частинками, що видихають

Таблиця А.1

Характеристики захисних масок

Зображення маски	Виробник	Вид та характеристика основного матеріалу
Маски одноразові		
	Виробники – «Medicalspan», «Medicom»	Процедурна маска 3 шари: • Зовнішній- спанбонд • Середній-мельтблаун • Внутрішній- спанбонд розміри: – 17,0 * 9,5 см –дорослі; – 14,0 * 8,0 см –діти 5-14 років; – 12,0 * 7,0 см – дітей у віці до 5-ти років
	Виробник – «Lohmann & Rauscher»	Хірургічна маска 4 шари: • Зовнішній- спанбонд • Середній-мельтблаун • Середній-мельтблаун • Внутрішній- спанбонд розміри: – 17,0 * 9,5 см –дорослі; – 14,0 * 8,0 см –діти 5-14 років; – 12,0 * 7,0 см – дітей у віці до 5-ти років
Маски багаторазові		
	Виробник – ARAX	Маска Pitta 1 шар: • еластичний поліуретан Розміри: дорослий
	Виробник – Базальтові технології	Маска CARBON-GUARD G+ 3 шари: • Зовнішній- льон • Середній-карбонова тканина • Внутрішній- льон



Рис. А.46. Захисні маски: а) хірургічна маска; б) маска FFP2 з клапаном видиху

ЗАХИСНІ МАСКИ ТА РЕСПІРАТОРИ							
MEDSTAR				MEDSTAR			
	Респіратор FFP1	Респіратор FFP2 без клапана	Респіратор FFP2 з клапаном	Респіратор FFP3	одноразова ПРОЦЕДУРНА МАСКА	одноразова ХІРУРГІЧНА МАСКА	саморобна ТКАНИННА МАСКА
							
ЗАПОБІГАЄ ЗАРАЖЕННЮ							
ЗАПОБІГАЄ ПОШИРЕННЮ							

Рис. А.47. Класифікація різновидів ЗІЗОД



Рис. А.48. Різниця між різними типами масок: а) хірургічні маски; б) маски громади; в) респіраторні маски [168]

Таблиця А.2

Класи масок-респіраторів

Клас	Межа проникнення фільтра (при витраті повітря 95 л/хв)	Внутрішній витік	Типовий колір стрічки
FFP1	Фільтрує щонайменше 80 % повітряних частинок	<22 %	Жовтий
FFP2	Фільтрує щонайменше 94 % повітряних частинок	<8 %	Синій або Білий
FFP3	Фільтрує щонайменше 99 % повітряних частинок	<2 %	Червоний



Рис. А.49. Хірургічна маска для обличчя [116]



Рис. А.50. Попередньо сформована маска для обличчя [116]

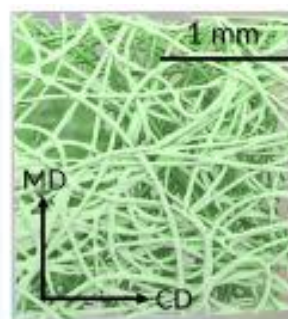
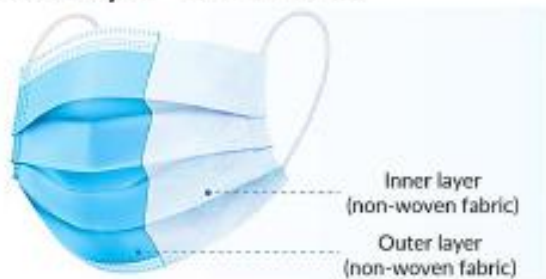


Рис. А.51. Маска для обличчя бандана [116]



Рис. А.52. Маска для обличчя N95 [116]

Two layer face mask

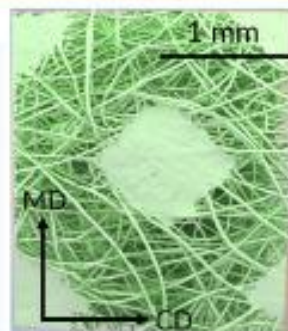
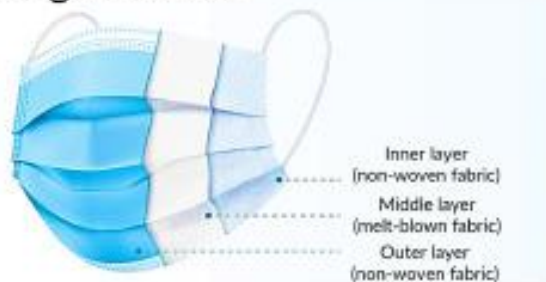


Front view



Side view

Surgical mask



Front view



Side view

Рис. А.53. Двошарова маска для обличчя та хірургічна маска: їхні шарові представлення (ліворуч) та мікроструктури, отримані за допомогою рентгенівського мікротомографічного 3D-зображення (праворуч) [144]

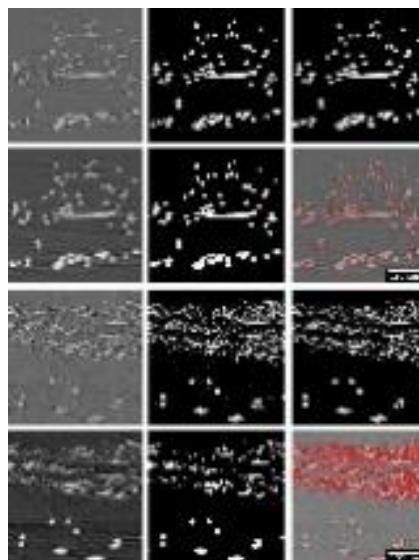


Рис. А.54. Поперечні зрізи КТ-зображення зразка двошарової маски (два верхніх ряди) та зразка хірургічної маски (два нижні ряди) і на різних етапах обробки

У першому рядку зліва направо простежено реконструкцію поглинання – те саме місце після порогового значення, а також після видалення невеликої області переднього плану. Другий рядок являє собою фазову реконструкцію – місце після порогового значення та краю остаточної сегментації, що накладені на вихідну реконструкцію поглинання. Третій та четвертий ряди мають такий же формат. Для всіх панелей застосовується однакова шкала масштабу. Затверділі ромбоподібні плями представляють точки з'єднання шарів нетканого матеріалу в результаті процесу гарячого каландрування.

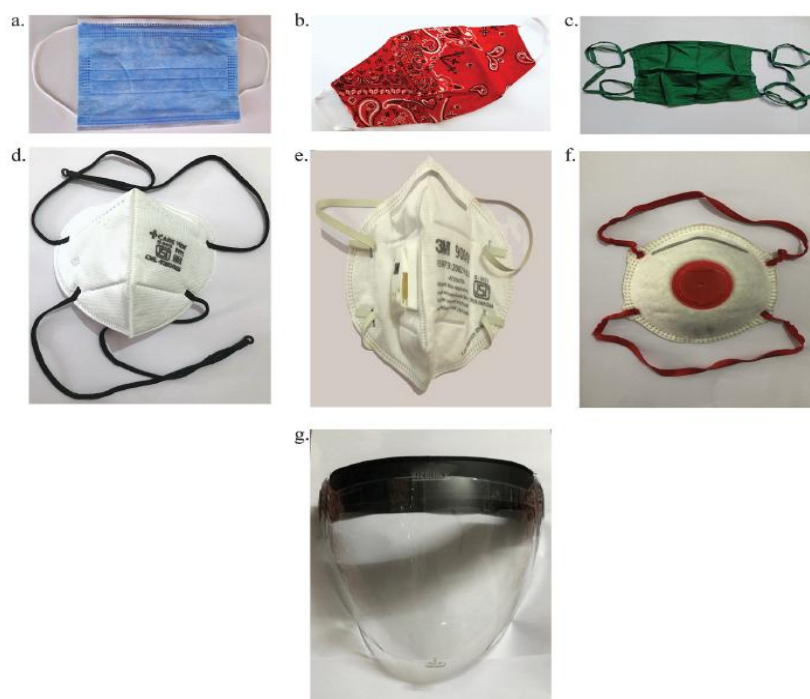


Рис. А.55. На схемі показано графічне зображення різних типів масок:
 а) – хірургічна маска; б) – тканинна маска; в) – тканинна маска з петлею для голови;
 д) – складна модель типу K95 Маска без респіратору з петлею для голови;
 е) – складна модель типу N95 Маска з респіратором петлею для голови;
 ф) – модель чашки Тип N95 Маска з респіратором петлею для голови;
 г) – повний щиток для обличчя [153]

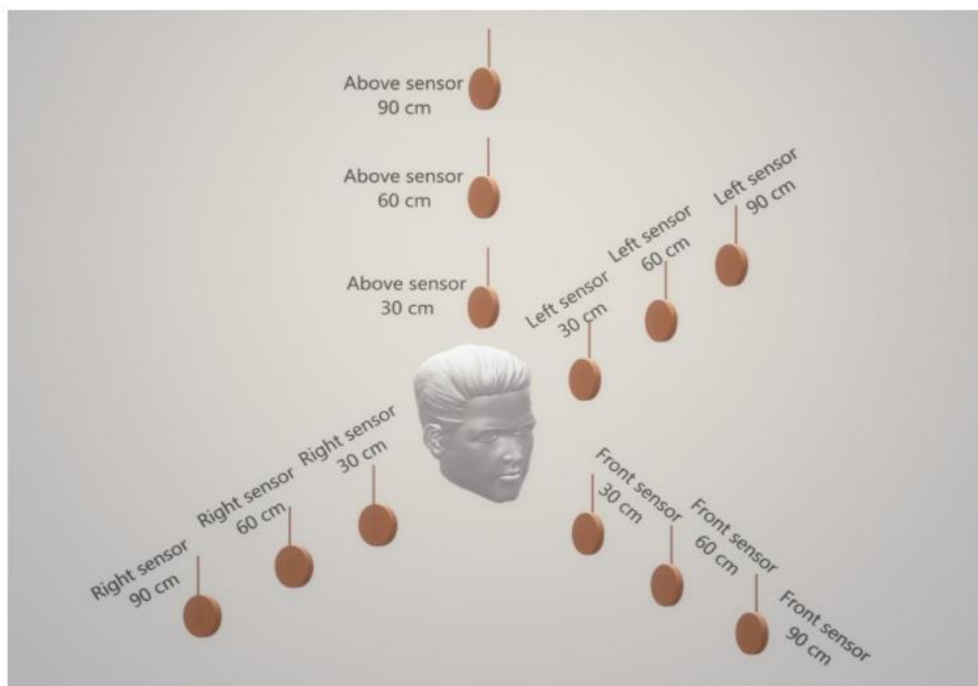


Рис. А.56. Експериментальна установка візуалізації шляхів зниження передачі вірусу [138]



Рис. А.57. Діаграма показує різні типи тканинних масок і їх шарування:
а) – тканинна маска; б) – різний візерунок шарування тканинної маски;
с) – тканинна маска; d) – різний візерунок шарування Cloth Mask;
е) – тканинна маска; f) – різний візерунок шарування Cloth Mask [153]



Рис. А.58. Маска тканинна захисна М31 (виробник – компанія «Укрінтех»)

Компанія «Укрінтех» є виробником різноманітних захисних масок. **одноразова захисна маска** з матеріалу неклеєвого спанбонда з еластичною гумкою для фіксації; **багаторазова захисна маска** з матеріалу бязь біла двошарова. Може повторно використовуватися після дезинфекції. Кількість шарів одноразової маски – чотиришарова (можливо в двох і тришаровому виконанні). Тканинні маски доступні в різних кольорах: білі, жовті, блакитні і сині. Зручні у використанні, **ергономічні**. Щільно прилягають до особи, при цьому не утрудняючи дихання. Поглиблені складки на масках сприяють найбільш зручному розташуванню на обличчі як при наявності **носового фіксатора, так і без нього**. Маски захисні перешкоджають попаданню бактерій і забруднюючих речовин в дихальні шляхи людини; підвищують рівень фільтрації бактерійних і мікробних часток.



Рис. А.59. Лита маска (адаптована) [168]

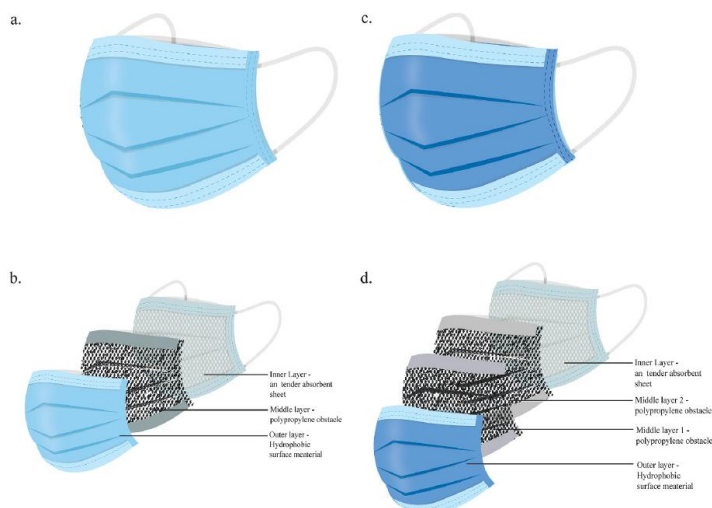


Рис. А.60. Діаграма показує різні типи хірургічних масок і схему їх шарування: а) 3-шарова хірургічна маска; б) різний малюнок шарування 3-шарової хірургічної маски; с) 4-шарова хірургічна маска; д) різний візерунок шарування 4-шарової хірургічної маски [153]



Рис. А.61. Хірургічна маска [168]

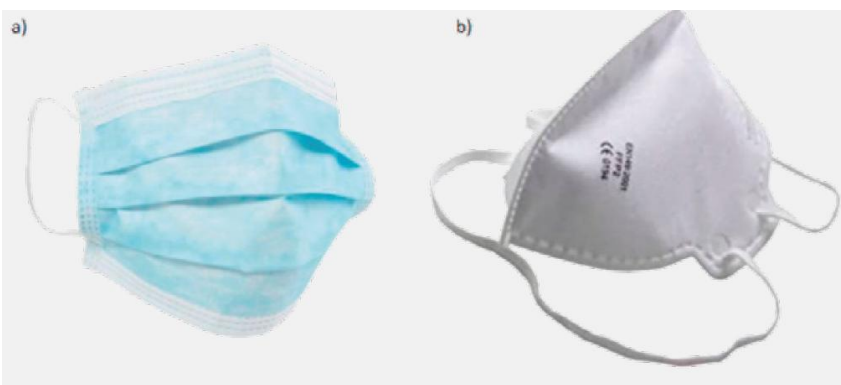


Рис. А.62. а) – хірургічна маска DACH Schutzbekleidung
б) – маска FFP2 Protect U

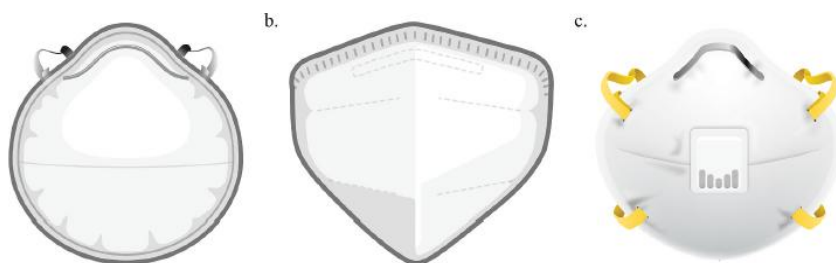


Рис. А.63. Різні форми респіраторів FFP з фільтруючою маскою а) – тип моделі чашка; б) – тип складної моделі; с) – тип моделі-вкладиша [153]



Рис. А.64. Респіратори N/KN95 класу захисту FFP2 [153]



Рис. А.65. Маска фільтра FFP2 [153]



Рис. А.66. Маска 3М FFP2 9320+ [153]

Таблиця А.3.

Приклади масок на ринку, відповідний захист і склад

Ступінь захисту	Виробник	шари	малюнок
FFP1	WIROS	1-й шар: NW поліпропілен - 30 г / м ² 2-й шар: PP фільтр - 40 г/м ² 3-й шар: поліестер - 230 г/м ²	
FFP2	WIROS	1-й шар: NW поліпропілен - 40 г / м ² 2-й шар: PP фільтр - 50 г / м ² 3-й шар: поліестер - 30 г / м ²	
FFP2	WIROS	1-й шар: NW поліпропілен - 30 г / м ² 2-й шар: PP фільтр - 50 г / м ² 3-й шар: поліестер - 230 г / м ²	

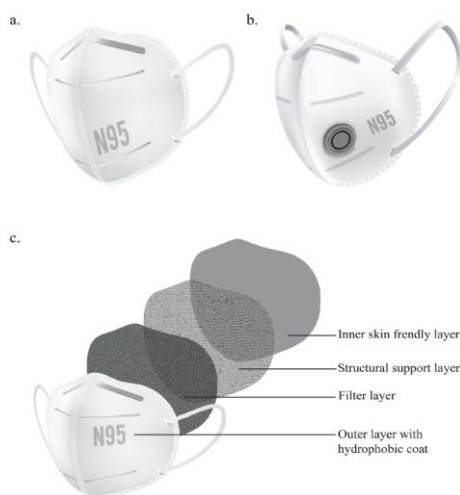
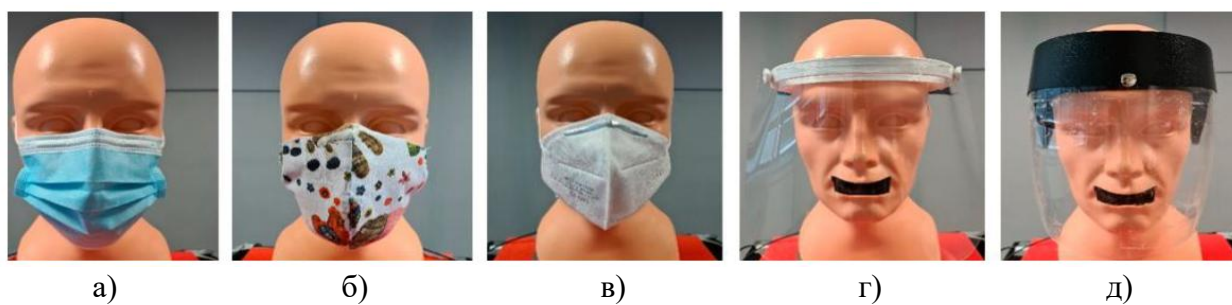


Рис. А.67. Діаграма показує маску N95 і її шаблон шарування:

- а) – маска N95 без респіратора;
 б) – маска N95 з респіратором;
 с) – різна схема шарування маски N95 без респіратора [153]



Рис. А.68. Схема маски KN95 [153]



а)

б)

в)

г)

д)

Рис. А.69. Типи масок для обличчя [132],

а) – хірургічна маска; б) – саморобна маска з тканини; в) – маска FFP2;

г, д) – прозорі щитки для обличчя

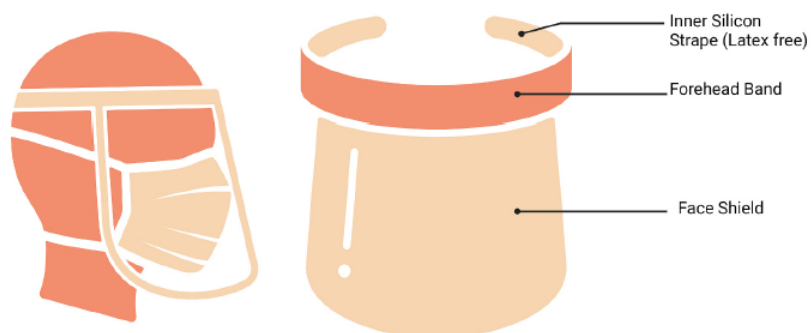


Рис. А.70. Діаграма показує щиток для обличчя на повну довжину та його шаблон шарування [153]

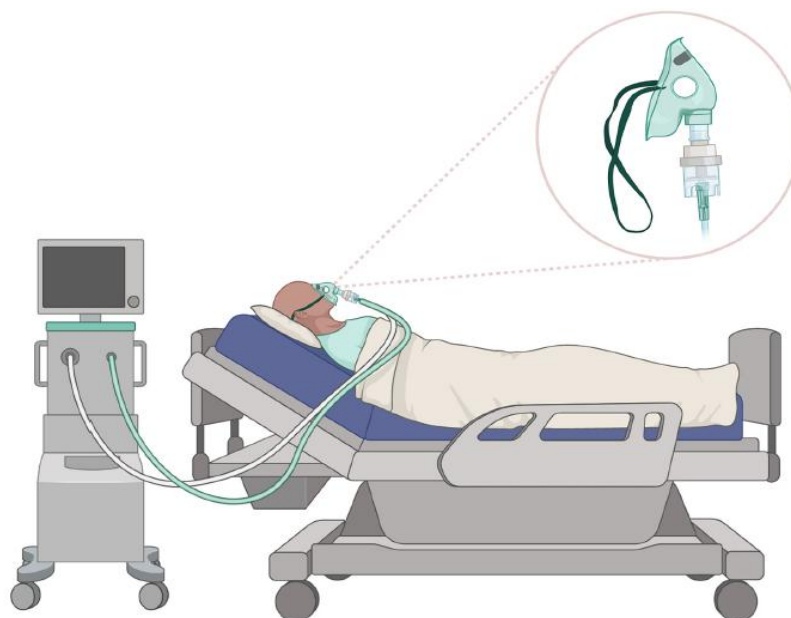


Рис. А.71. Автономний дихальний апарат [153]

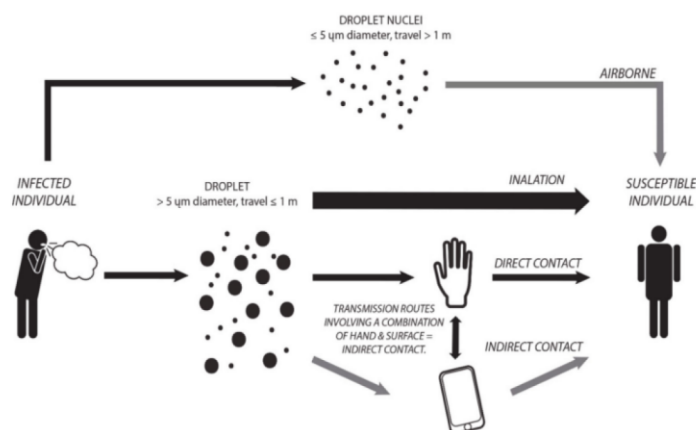


Рис. А.72. Шляхи передачі COVID-19 [136]

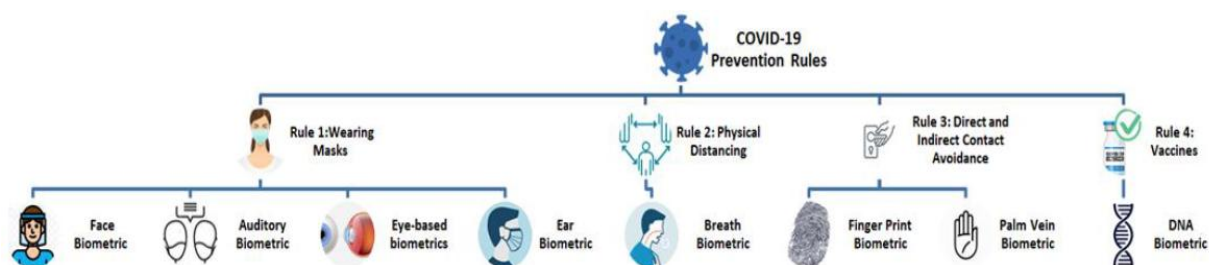


Рис. А.73. Зв'язок між правилами профілактики COVID-19 біометричними даними [257]

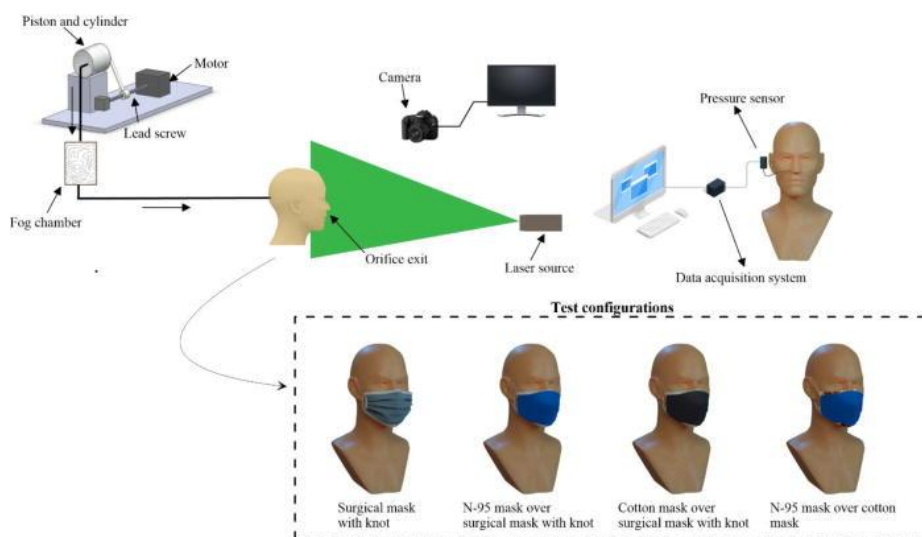


Рис. А.74. Експериментальна випробувальна установка (хірургічна маска та маска N-95, які використовуються в цьому дослідженні, є стандартною маскою для медичних процедур, тоді як п'ятишарова маска є стандартною маскою проти забруднення, а бавовняна маска є нестандартною маскою товщиною 0,45-0,05 мм з 55 нитками на дюйм. Вузол у хірургічній масці створюється згідно з рекомендаціями CDC [356])

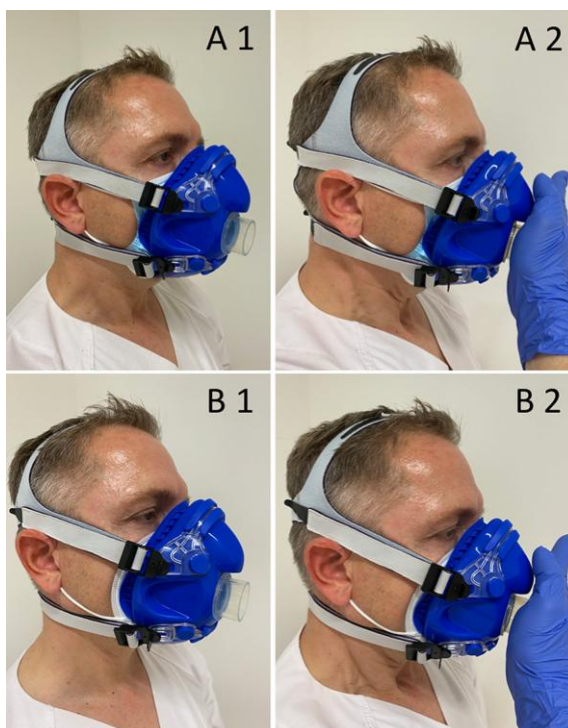


Рис. А.75. Встановлення маски та перевірка на герметичність. Припасування спірометричної маски з хірургічною маскою sm (A1) і маскою FFP2/N95 fpm (B1), а також і відповідні тести на витік з sm (A2) і fpm (B2) [172]

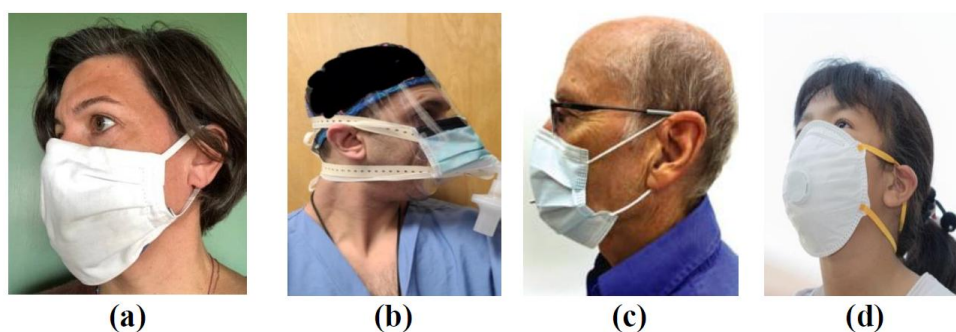


Рис. А.76. Зображення вух, закриті масками для обличчя [359]: а) – тканинна маска; б) – прозора маска; с) – одноразова маска; д) – маска N95

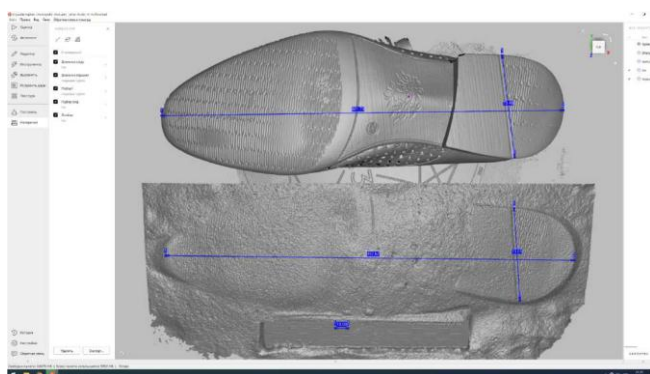


Рис. А.77. Використання сканера Artec Leo та ПЗ Artec Studio 16 для отримання геометричної моделі експериментального сліду [89]

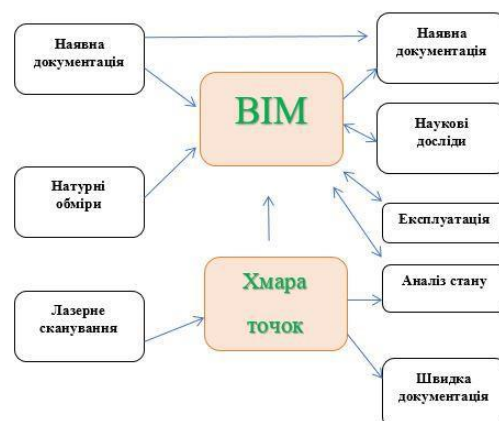
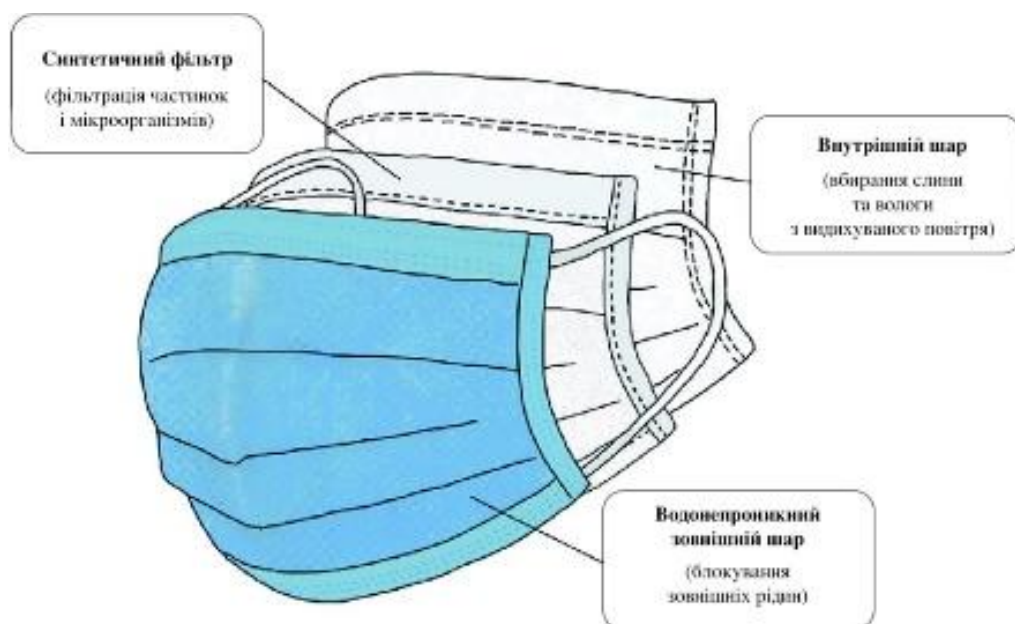
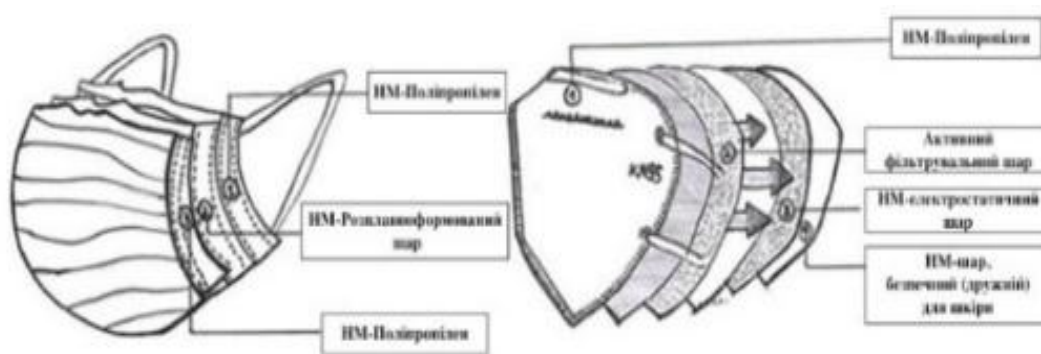


Рис. А.78. Взаємодія ВІМ-технологій з об'ємним скануванням [378]

Таблиця А.4.

Характеристики деяких матеріалів захисних масок FFP

Внутрішній шар	Сердний шар	Зовнішній шар
NW PP спанбонд, від 18 до 25 г/м ²	NW PP meltblown, 25 г/м ² , з електростатичним покриттям (1 або 2 шари)	NW PP спанбонд, від 18 до 25 г/м ²

**Рис. А.79.** Шари стандартної хірургічної маски

а)

б)

Рис. А.80. а) – порівняння різних шарів і матеріалів, які використовуються для виготовлення хірургічних масок; б) – маски для обличчя FFP2/KN95 [115]

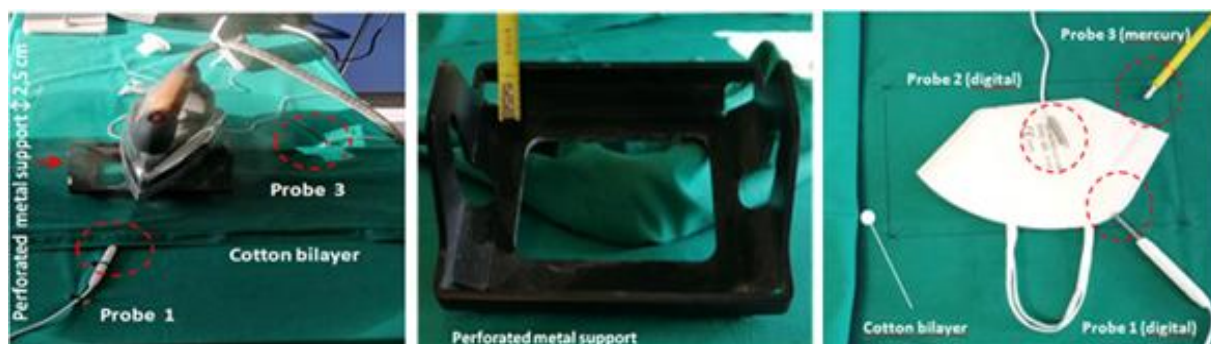


Рис. А.81. Матеріали, що використовуються для процесу регенерації парової праски [115]

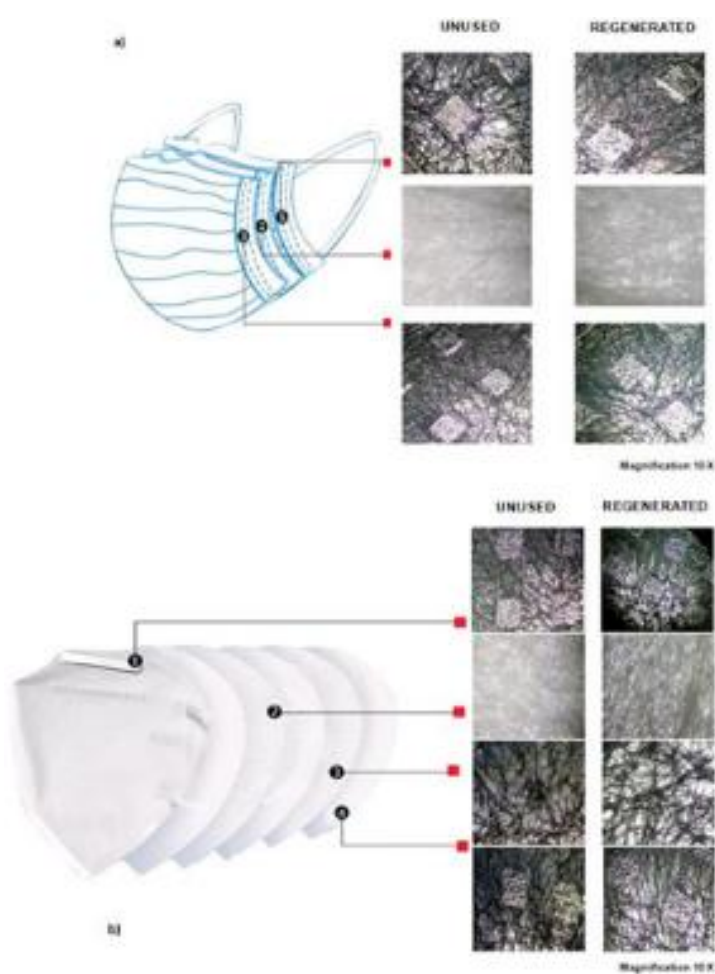


Рис. А.82. а) – порівняння між шарами невикористаної хірургічної маски та маски, регенованої парою; б) – порівняння між шарами невикористаної маски для обличчя FFP2/KN95 і маски, регенованої парою [115]

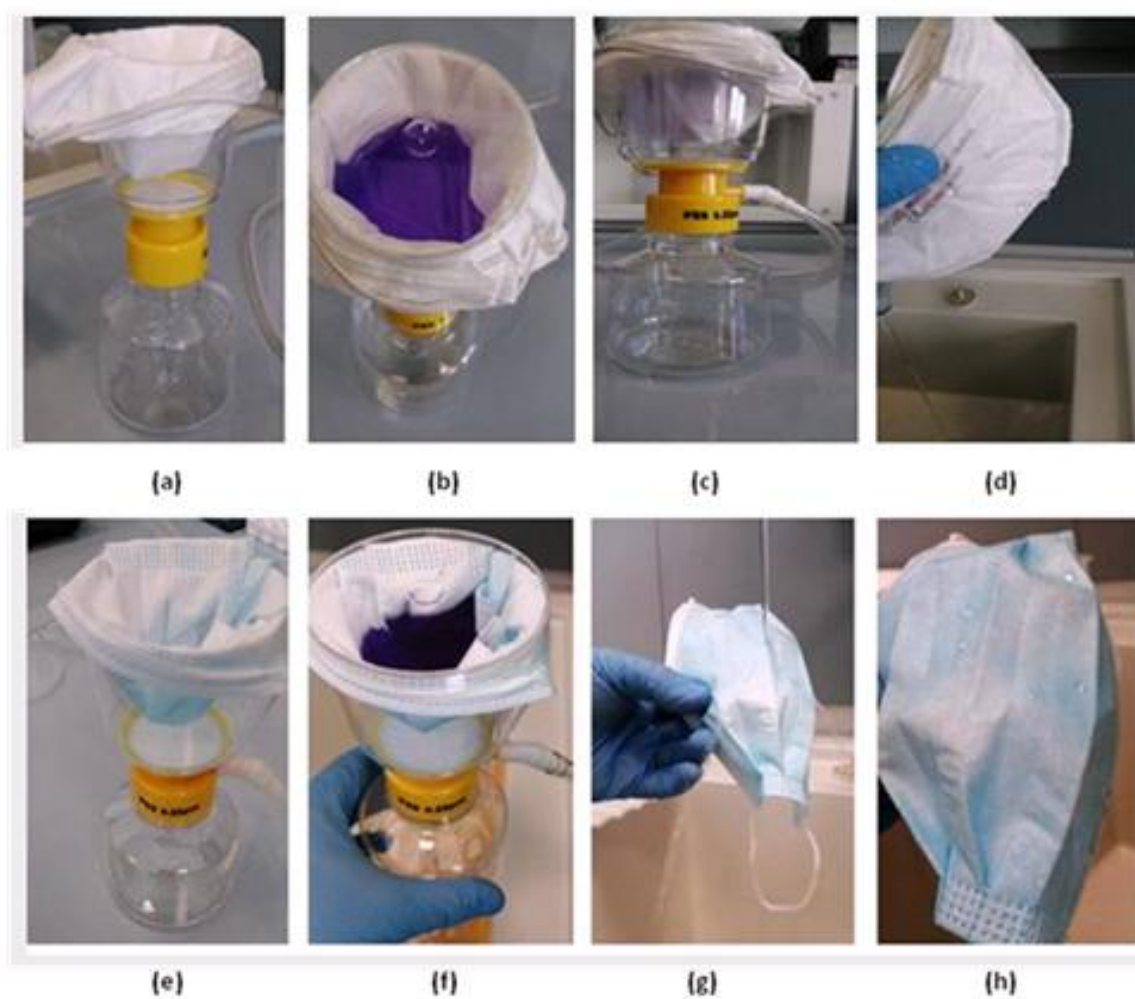


Рис. А.83. Лінія відображає процедуру, яка використовується для знезараження хірургічних масок [115]



Рис. А.84. Аеродисперсні в повітрі за допомогою небулайзера [115]

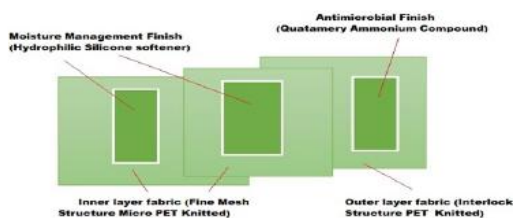


Рис. А.85. Протокол тришарової хірургічної маски

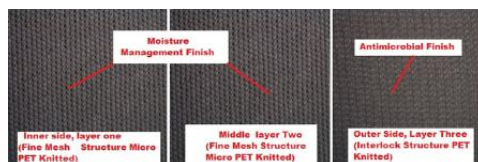


Рис. А.86. Мікроскопічний вид, який можна багаторазово використовувати для протоколу тришарової хірургічної маски



Рис. А.87. Зразок зразка багаторазової тришарової хірургічної маски

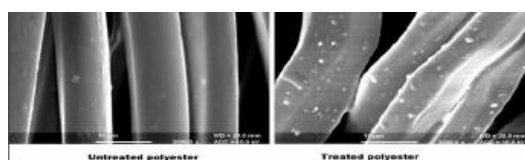


Рис. А.88. SEM зображення необробленого та обробленого поліефірного антимікробного покриття (зразок S1)

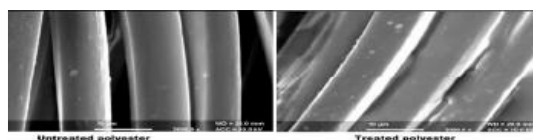


Рис. А.89. SEM-зображення необробленого та обробленого мікрополіефірного антимікробного покриття (зразок S1)

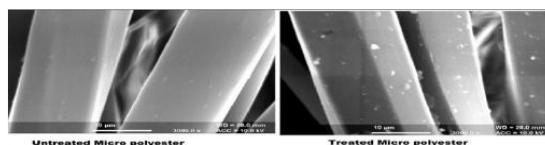


Рис. А.90. SEM-зображення необробленого та обробленого поліефірного покриття для захисту від вологи

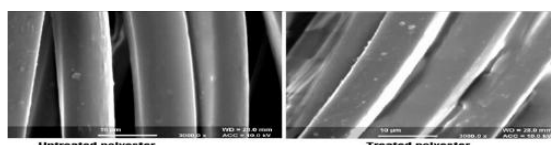


Рис. А.91. SEM-зображення необробленого та обробленого мікрополіефірного покриття для захисту від вологи

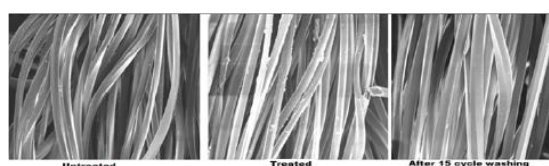


Рис. А.92. SEM зображення необроблених, оброблених і після 15 циклів прання поліестеру

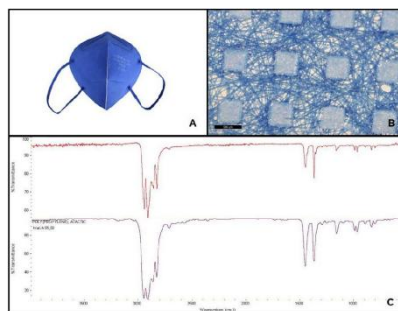


Рис. А.93. Лицьова маска FFP2 А, досліджувана (А); структура після розбирання на шари (масштабна шкала 500 мкм) (В); спектр маски (вгорі) і спектр, зазначений у бібліотеці (внизу), що ідентифікує поліпропілен атактичний, 95,58% (С) [379]

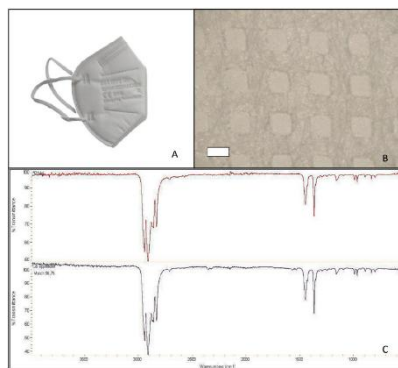


Рис. А.94. Лицьова маска FFP2 В, досліджувана (А); структура після розбирання на шари (масштабна шкала 500 мкм) (В); і спектр маски (вгорі), спектр, зазначений у бібліотеці (внизу), що ідентифікує поліпропілен, атактичний, 96,42% (С) [379]

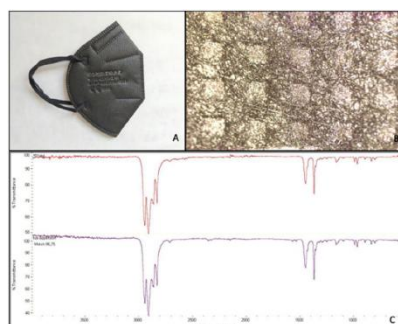


Рис. А.95. Лицьова маска FFP2 N, досліджувана (А); структура після розбирання на шари (масштабна шкала 500 мкм) (В); і спектр маски (вгорі), спектр, зазначений у бібліотеці (внизу), що ідентифікує поліпропілен, атактичний, 96,75% (С) [379]

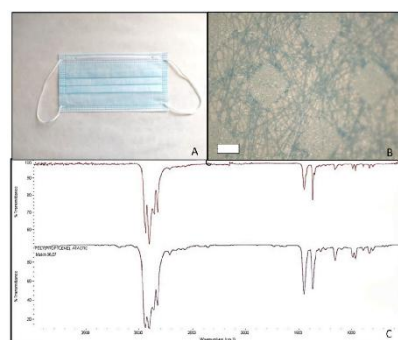


Рис. А.96. Лицьова маска Surgical Mask Q досліджувалася (А); структуру після розбирання на шари (Шкала 500 мкм) (В); і спектр маски (вгорі), спектр, зазначений у бібліотеці (внизу) ідентифікаційний поліпропілен, атактичний, 96,07% (С) [379]

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МЕДИЧНИХ НАУК УКРАЇНИ

Державна установа «Інститут епідеміології та інфекційних хвороб
ім.Л.В.Громашевського (ДУ ІЕІХ НАМНУ)

03680, м.Київ, вул.Амосова, 5 (тел.044 275 37 11)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ДУ ІЕІХ НАМНУ

д.м.н., проф., чл.-кор.НАМНУ



**«Вивчення віруліцидної активності (захисту) текстильних
матеріалів (масок) на моделі коронавірусу трансмісивного
гастроентериту свиней (ТГС)»**

За договором від № 84/2020 від _____ 2020 р.

Керівник теми

Зав.лабор.експериментальної

хіміотерапії вірусних інфекцій

д.м.н., проф.

С.Л. Рибалко

Київ – 2020



Рис. А.100. Спеціальні захисні маски «Carbon-Guard» та «Carbon-Guard G+»



Рис. А.101. Високоактивний вуглецевий сорбційний волокнистий матеріал



Рис. А.102. Зовнішній лляний шар із нанесеним антисептиком



Рис. А.103. Різновиди матеріалів для виготовлення захисних масок-респіраторів «Carbon-Guard G+»



**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З ПИТАНЬ
БЕЗПЕЧНОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ТА ЗАХИСТУ СПОЖИВАЧІВ**
вул. Б. Грінченка, 1, м. Київ, 01001, тел. 279-12-70, 279-75-58, факс 279-48-83,
e-mail: info@consumer.gov.ua

ЗАТВЕРДЖУЮ
Т. в. о. Голови Держпродспоживслужби
О. П. Шевченко
(прізвище, ім'я, по батькові)
(підпис)
М.П.

ВИСНОВОК
державної санітарно-епідеміологічної експертизи

від "28" 07 2020 року № 12.2-18-2/16828

Об'єкт експертизи: ТУ У 13.9-43636172-001:2020 «МАСКИ ЗАХИСНІ З КАРБОНОВИМ БІОЦИДНИМ ФІЛЬТРОМ «CARBON GUARD». ТЕХНІЧНІ УМОВИ»
(назва об'єкта експертизи)

Код за ДКПІ - 13.95.1

Сфера застосування та реалізації об'єкта експертизи нормативна документація на маски захисні

Розробник Товариство з обмеженою відповідальністю «Інноваційна компанія «Базальтові технології», Україна, 03142, м. Київ, пров. Приладний, буд. 10, офіс 207/1; Код за ЄДРПОУ 43636172
(адреса, місцезнаходження, телефон, факс, E-mail, веб-сайт)

Заявник експертизи Товариство з обмеженою відповідальністю «Інноваційна компанія «Базальтові технології», Україна, 03142, м. Київ, пров. Приладний, буд. 10, офіс 207/1; Код за ЄДРПОУ 43636172
(адреса, місцезнаходження, телефон, факс, E-mail, веб-сайт)

За результатами державної санітарно-епідеміологічної експертизи: ТУ У 13.9-43636172-001:2020 «МАСКИ ЗАХИСНІ З КАРБОНОВИМ БІОЦИДНИМ ФІЛЬТРОМ «CARBON GUARD». ТЕХНІЧНІ УМОВИ» відповідають вимогам діючого санітарного законодавства України і можуть бути погоджені (затверджені)

Висновок дійсний на термін дії ТУ У 13.9-43636172-001:2020 «МАСКИ ЗАХИСНІ З КАРБОНОВИМ БІОЦИДНИМ ФІЛЬТРОМ «CARBON GUARD». ТЕХНІЧНІ УМОВИ» або внесення змін до ТУ У 13.9-43636172-001:2020 «МАСКИ ЗАХИСНІ З КАРБОНОВИМ БІОЦИДНИМ ФІЛЬТРОМ «CARBON GUARD». ТЕХНІЧНІ УМОВИ»

Відповідальність за дотримання вимог цього висновку несе заявник. При внесенні змін до нормативного документа щодо сфери застосування, умов застосування об'єкта експертизи даний висновок втрачає силу.

Комісія з питань державної санітарно-епідеміологічної експертизи
Центру превентивної медицини
Державного управління справами
Протокол експертизи

Голова комісії

м. Київ, вул. Заболотного, 15
т. 526-55-32 Факс 526-50-06

№ 4964 від 17.07. 2020р
(№ протоколу, дата його затвердження)
Гаврильченко О.Г.
(прізвище, ім'я, по батькові) /підпис/



Рис. А.104. Висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи на ТУ У 13.9-43636172-001:2020 «Маски захисні з карбоновим біоцидним фільтром «Carbon-Guard». Технічні умови».

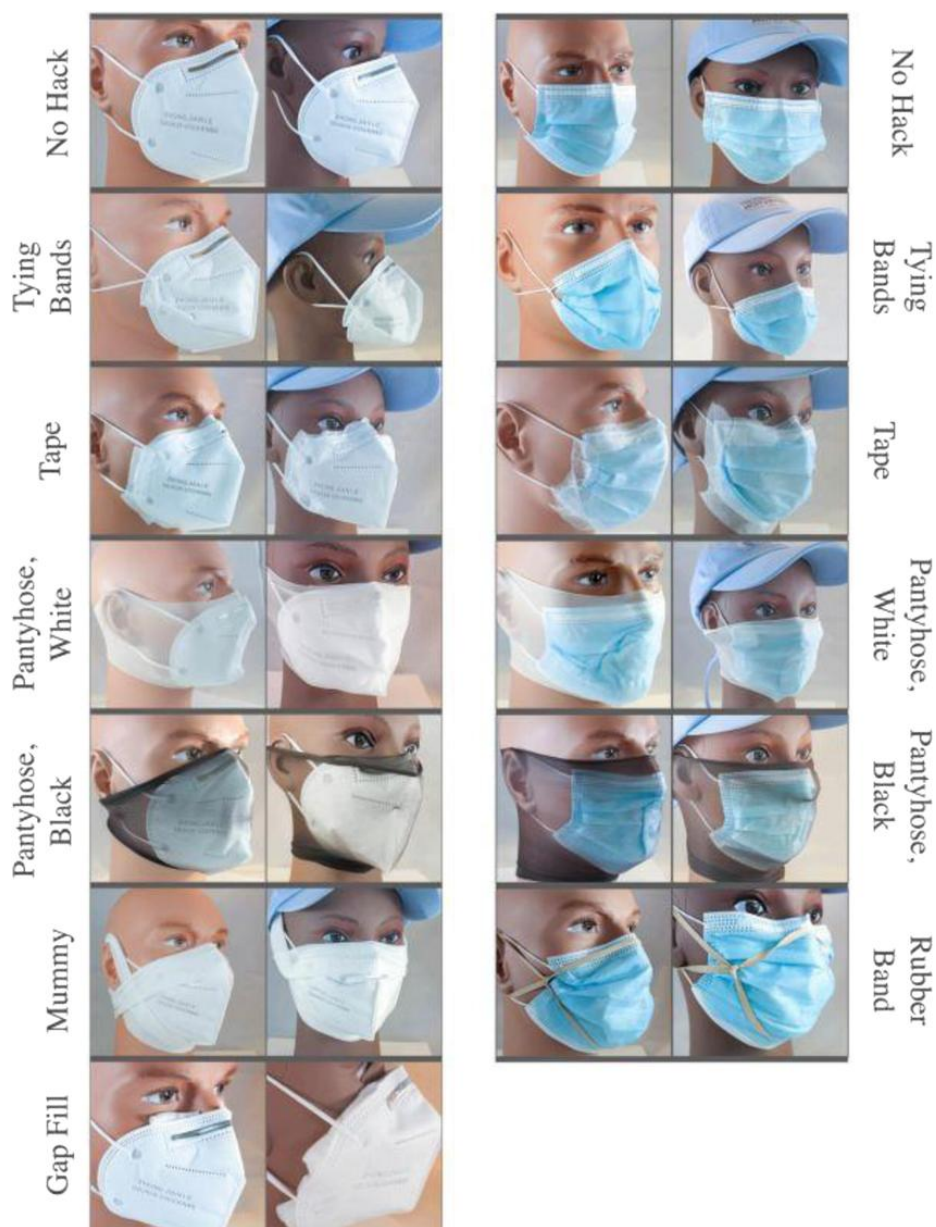


Рис. А.105. Зображення перевірених придатних **фіт-хаків**, застосованих до KN95 та хірургічних масок на двох головах манекенів для демонстрації. чоловік. Голова манекена має розмір середнього чоловіка, тоді як жіноча представляє розмір маленької жіночої голови або голови молодого підлітка



Рис. А.106. Ілюстрація фіт-хаків, що не змогли вирішити проблеми з підгонкою навколо перенісся; приклад функції, критичної для ефективності підгонки

Хірургічна маска



Респіратор N95

**Рис. А.107.** Хірургічна маска та маска-респіратор N95**Рис. А.108.** Хороші практики правильного використання масок для обличчя [168]

Важливо перевірити налаштування, і ця процедура повинна бути описана на упаковці захисного пристрою, щоб повідомити про це користувача та уникнути його/її «помилкового захисту»:

1. Закрийте передню частину маски обома руками, не змінюючи положення маски
2. Для масок без клапана – сильно видихніть
3. Для масок з клапаном – сильно вдихніть
4. Якщо помічені витоки навколо носа, відрегулюйте затиск для носа щоб усунути витік і повторити перевірку
5. Якщо помічені витоки з боків, відрегулюйте еластичні стрічки, щоб усунути витік, і повторіть перевірку.

Як правильно надівати тканинну захисну маску:

Чистими руками піднесіть маску внутрішньою стороною до особи. Нижнім краєм вона повинна накривати підборіддя, а верхнім - нижню частину носа.

Закріпіть маску на обличчі

Відрегулюйте носову частину

Великим і вказівним пальцями надайте верхній частині маски форми носа

Розпряміть маску на обличчі



Figure 3: Steps for the correct placement and removal of the protective mask. Adapted from [7].

Рис. А.109. Етапи правильного розміщення та зняття захисної маски.

На рис. А.109 наведено дії, які необхідно виконати у зв'язку з згаданою дією, причому попереднє розміщення маски та гігієна рук є важливими (1). Після цього маску потрібно надіти, взявшись за зав'язки/затискачі (2), і маску потрібно розмістити таким чином, щоб вона закривала ніс, рот і підборіддя (3). Під час використання слід уникати або навіть виключити дотик до маски, таким чином зменшуючи забруднення рук та/або маски (4). Необхідно знову зняти, торкнувшись затискачів (5). Після зняття маски необхідно провести гігієну рук.

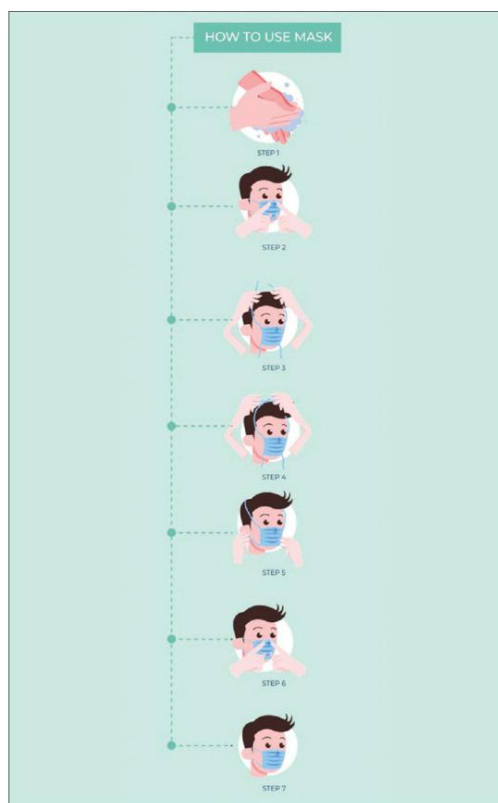


Рис. А.110. Надягання хірургічної маски [332]

Коли маску зав'яжете, притисніть гнучку носову частину, доки не буде досягнуто надійної посадки та хорошого ущільнення. Це зменшить продування у верхній частині маски. Помістіть маску на своє обличчя, переконавшись, що вона покриває ваше обличчя. Перевірку безпеки слід виконувати, перевіряючи надійність зав'язок, насадки для носа та кількості повітря, що виходить зверху, знизу та з боків маски. Візьміться за нижній ремінь маски та підніміть її над головою. Затягніть обидві верхні зав'язки на маківку та закріпіть бантом. Під час надягання маски N95 візьміть верхній ремінь маски та підніміть його над головою. Надійно зав'яжіть нижні зав'язки в бант на потилиці. Під час зняття – зніміть маску, торкаючись лише зав'язок. Виконуйте гігієну рук.



Рис. А.111. Одягання та зняття респіратора N95 [332]

Вільною рукою покладіть ремені на голову. Дуже важливо, щоб лямки лежали на голові, не перекривалися і не плуталися. Зніміть маску з обличчя. Клапанні і респіратори особливо рекомендуються для серцево-легеневих хворих, оскільки вони створюють низький опір при видиху. Щоб забезпечити належну герметичність респіратора навколо області носа, кінчиками пальців обох рук зігніть металеву насадку навколо носа, починаючи з центру та рухаючись назовні з кожного боку. Розв'яжіть нижню, потім верхню зав'язку. Тримайте респіратор в одній руці так, щоб передня частина респіратора торкалася внутрішньої сторони вашої руки. Металева насадка для носа повинна лежати біля кінчиків пальців. Переконайтеся, що верхній і нижній ремені респіратора звисають під вашою рукою і не переплутані чи перекручені.

Утилізувати або повторно використовувати маску слід відповідно до протоколу політики повторного використання.



Рис. А.112. Політика повторного використання респіратора N95 [332]



Рис. А.113. а) – хірургічна маска з щитком для обличчя; б) – маска з вбудованим козирком. Хірургічна маска з щитком для обличчя може бути альтернативою, якщо між обладнанням і пацієнтом створено скляний бар'єр [332]

Найбільш ефективними методами знезараження масок N95 є ультрафіолетове бактерицидне опромінення (UVGI), пароподібний перекис водню (VHP) і вологе тепло. Методи повторної обробки не були підтверджені серйозними дослідженнями, і наразі немає стандартизованих методів або протоколів для забезпечення ефективності та цілісності респіраторів після повторної обробки.

Правильно утилізуйте маску, торкаючись лише зав'язок.



Рис. А.114. Хірургічна маска з еластичними шнурами та переніссям



Рис. А.115. Картонний виріз



Рис. А.116. Техніка носіння



Рис. А.117. Зміна тиску після тривалого носіння маски



Рис. А.118. Добре розподілене еластичне натягнення та щільне прилягання маски

Table 8 Comparison of face measurements at different populations in the world.									
Author	Year	M	F	Population	Method	Height of face		Width of face	
						M	F	M	F
Farkas et al. ¹⁸	2005	30	30	North American	Caliper	187.5 ± 16.2	172.5 ± 15.0	137.1 ± 8.6	129.9 ± 10.6
		30	30	Azerbaijan		185.1 ± 18.0	175.4 ± 13.6	147.5 ± 10.8	138.7 ± 10.4
		30	30	Bulgarian		184.3 ± 17.4	170.5 ± 13.6	139.5 ± 11.2	130.9 ± 8.8
		30	30	Czech		181.7 ± 15.8	182.9 ± 16.2	134.9 ± 26.6	126.4 ± 28.8
		30	30	Croatian		180.1 ± 21.2	172.6 ± 17.4	140.7 ± 12.0	133.2 ± 13.6
		30	30	German		182.2 ± 22.2	170.9 ± 14.4	133.2 ± 15.0	123.4 ± 18.4
		30	30	Greek		178.7 ± 25.8	173.8 ± 13.8	138.6 ± 22.8	132.2 ± 9.6
		30	30	Hungarian		181.3 ± 28.4	169.4 ± 15.4	142.1 ± 10.6	131.3 ± 7.0
		30	30	Italian		186.0 ± 21.2	171.4 ± 18.4	143.2 ± 11.8	133.3 ± 8.2
		30	30	Polish		181.9 ± 16.4	172.1 ± 17.8	142.6 ± 9.4	135.5 ± 11.0
		30	30	Portuguese		190.7 ± 14.2	177.4 ± 19.0	125.1 ± 10.8	120.4 ± 10.8
		30	30	Russian		184.4 ± 16.2	174.4 ± 17.4	141.2 ± 8.8	132.3 ± 9.6
		30	30	Slovak		183.7 ± 17.6	169.7 ± 17.5	134.7 ± 11.0	125.0 ± 11.4
		30	30	Slovenian		181.3 ± 20.6	170.4 ± 30.2	136.2 ± 11.6	129.5 ± 10.4
		30	30	Iranian		180.3 ± 20.4	175.9 ± 15.0	138.4 ± 11.4	131.7 ± 13.4
		30	30	Turkish		186.5 ± 12.8	179.2 ± 18.8	140.4 ± 16.4	134.5 ± 8.6
		30	30	Egyptian		176.9 ± 26.8	161.4 ± 17.8	139.8 ± 13.8	130.3 ± 10.4
		30	30	Indian		161.3 ± 4.6	163.0 ± 16.6	135.8 ± 8.6	124.9 ± 16.9
		30	30	Singapore Chinese		187.3 ± 14.4	176.2 ± 16.6	144.6 ± 11.2	136.2 ± 8.0
		30	30	Vietnamese		180.9 ± 16.6	171.1 ± 14.2	144.0 ± 8.8	134.3 ± 5.8
Erika et al. ¹⁶	2005	39	38	Latvian	Caliper	187.3	177.0	133.1	122.4
		—	102	Indian American	Photograph	—	169.4 ± 13.3	—	125.9 ± 10.1
		50	50	Malay	Caliper	—	—	132.5 ± 7.0	140.1 ± 4.9
		50	50	Malaysian Indian	Caliper	—	—	136.3 ± 4.8	126.7 ± 3.9
		200	143	North Eastern Nigerian	Caliper	—	—	115.1	111.3
		360	340	Serbian	Caliper	—	—	129.1 ± 8.9	120.0 ± 6.4
		300	300	Haryana Bania	Caliper	—	—	130.8 ± 7.3	123.5 ± 7.6
		—	83	Caucasian	Photograph	—	—	141.7 ± 18.8	—
		50	50	Malaysian Chinese	Caliper	192.1 ± 9.6	186.6 ± 9.9	140.1 ± 7.4	135.2 ± 10.8
		50	50	Malaysian Indian	Caliper	182.5 ± 11.0	172.7 ± 10.9	130.3 ± 8.9	124.0 ± 6.6
Alam et al. ²¹	2014	50	50	Malay	Caliper	189.1 ± 8.4	179.2 ± 7.8	131.3 ± 8.7	134.0 ± 10.2
		50	50	Malaysian Chinese	Caliper	188.4 ± 14.0	172.6 ± 22.5	117.1 ± 11.5	115.2 ± 13.4
		36	50	Malaysian Indian	Caliper	178.3 ± 13.2	168.3 ± 13.5	112.7 ± 9.6	107.8 ± 13.8
		50	50	Malay	Caliper	179.1 ± 15.3	161.8	—	114.8 ± 10.1

Рис. А.119. Середні показники розміру обличчя за національністю за [217]



Рис. А.120. Прийоми покращення захисту органів дихання забезпеченням ергономічних вимог

Модифікації респіраторів мають традиційну опуклу форму із затиском для носа та подвійним ремінцем.

NR – не для багаторазового використання (використання лише в одну зміну), забезпечують надійний ефективний захист від дрібних часток.

R – вироби для багаторазового використання, піддаються очищенню, зберіганню та обов’язковим випробуванням на стійкість до засмічення.

D – відповідає вимогам щодо стійкості до засмічення.

Клапан видиху 3M™ Cool Flow™ забезпечує покращений комфорт.

Кольорові пов’язки для легкої ідентифікації: жовті для FFP1, сині для FFP2.



Рис. А.121. Традиційне зав'язування стандартної лицьової маски з запітненими хірургічними лупами [208]



Рис. А.122. Запропонована техніка зав'язування стандартної маски [208]



Рис. А.123. Умовний вигляд сторони стандартної лицьової маски при зав'язуванні [208]



Рис. А.124. Запропонована техніка зав'язування стандартної маски для обличчя збічними отворами природної форми [208]



Рис. А.125. Фіксатор хірургічної маски:
на панелі А показано виготовлення фіксатора за допомогою технології 3D-друку до та після видалення опори; на панелі В показано учасника в хірургічній масці з фіксатором



Рис. А.126. Зображення різновидів масок



Рис. А.127. Схема щитка з ілюстрацією впливу рідин і твердих частинок

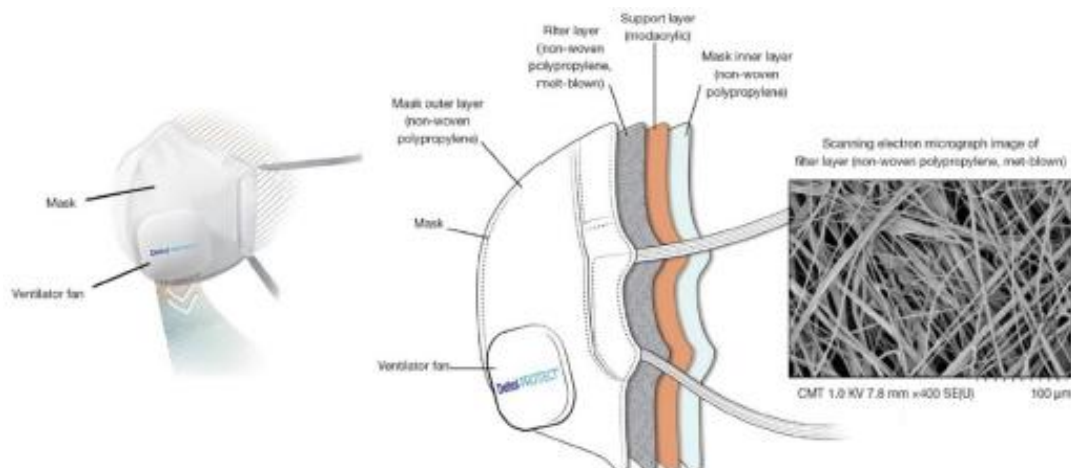


Рис. А.128. Схематичне зображення маски N95 з різними шарами [294]

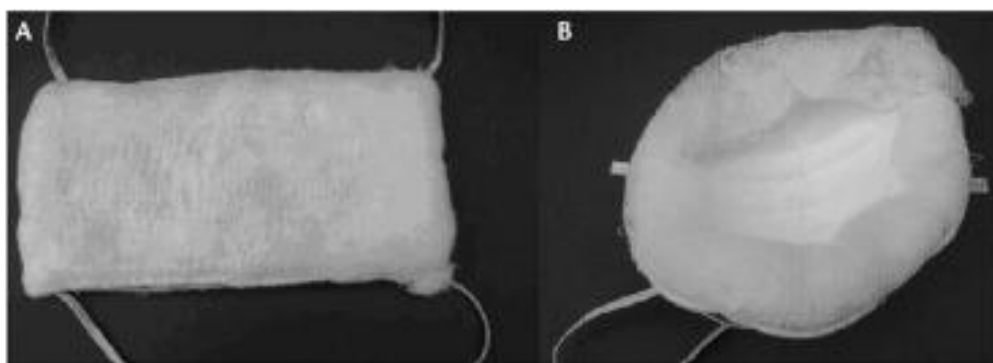


Рис. А.129. а) відображення поліпропіленової маски; та б) поліпропіленової ізольованої хірургічної маски [219]

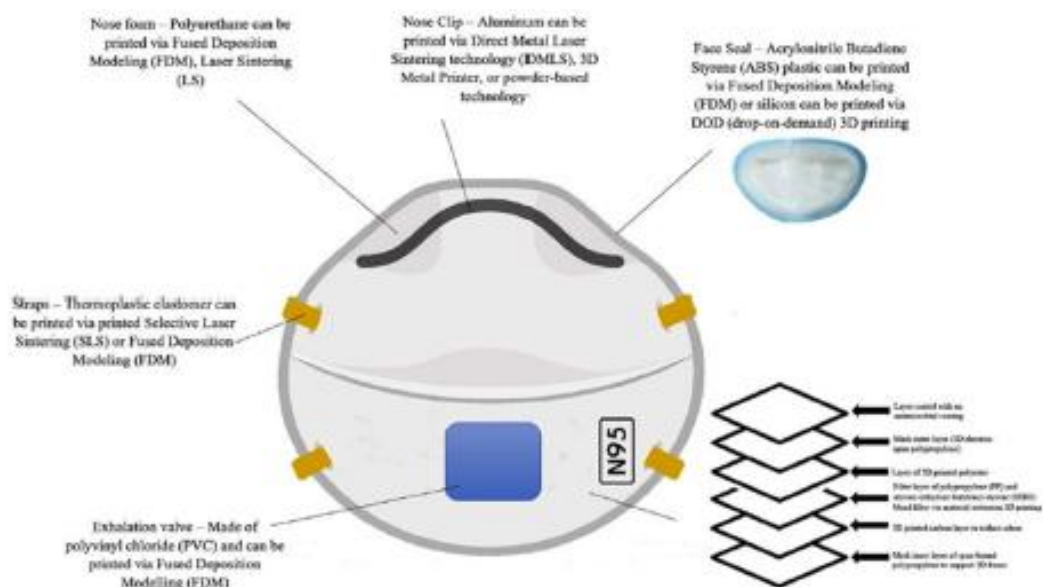


Рис. А.130. Потенційний прототип тривимірної (3D) маски N95 [202]

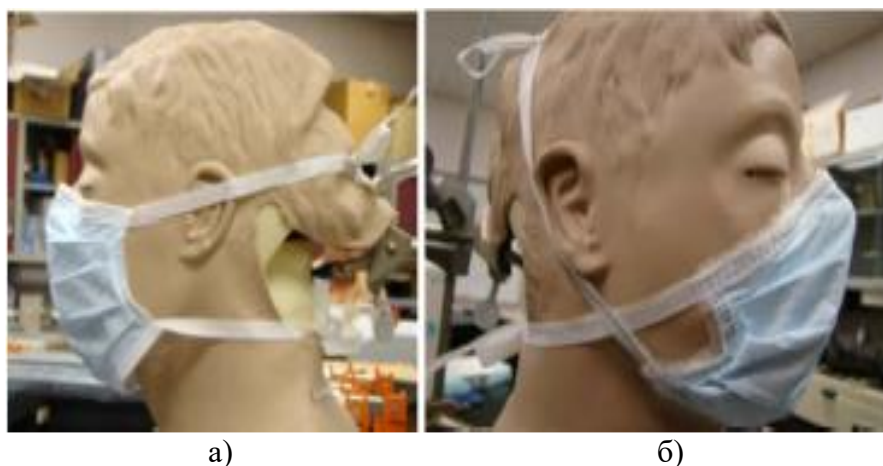


Рис. А.131. а) – негерметична хірургічна маска при звичайному використанні;
б) – герметична хірургічна маска з перехрещеними ремнями [123]

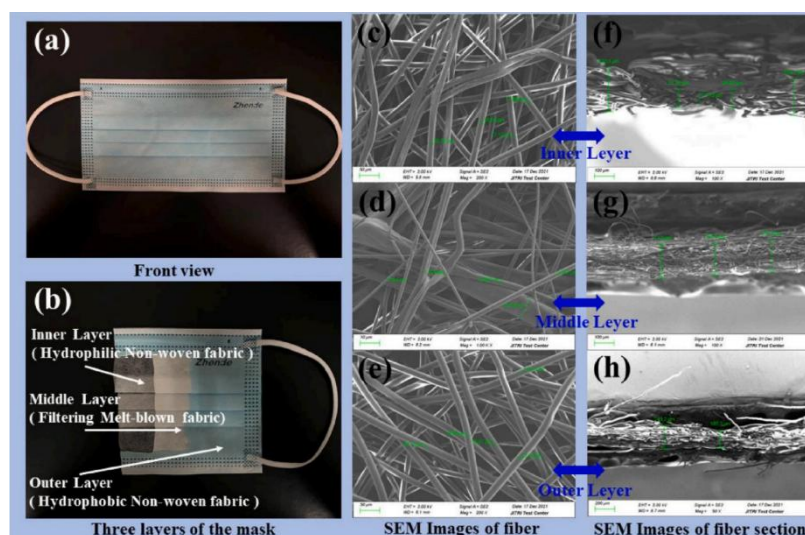


Рис. А.132. Хірургічна маска від Zhende Medical, використана для моделювання [191]

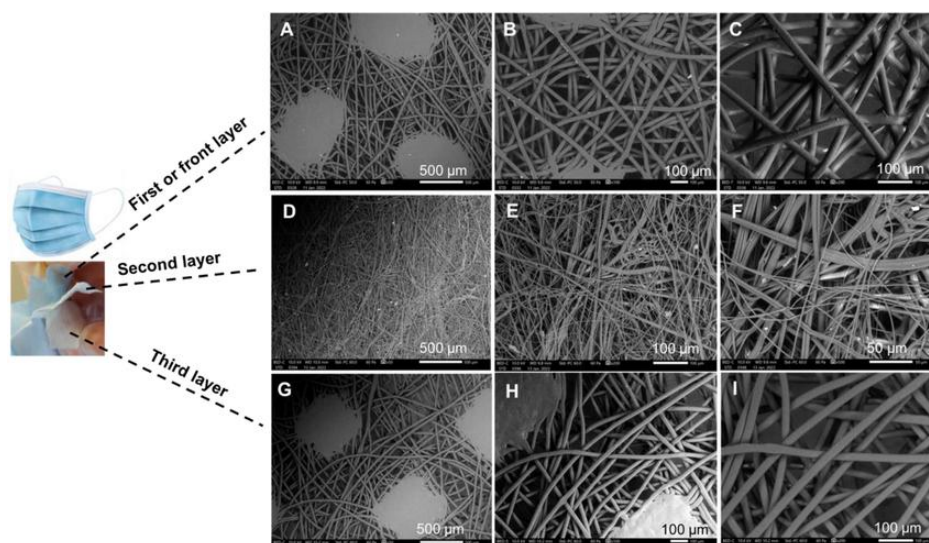


Рис. А.133. SEM для кожного з трьох шарів хірургічної маски: А-С) – передній шар;
D-F) – другий шар; G-I) – третій шар [254]

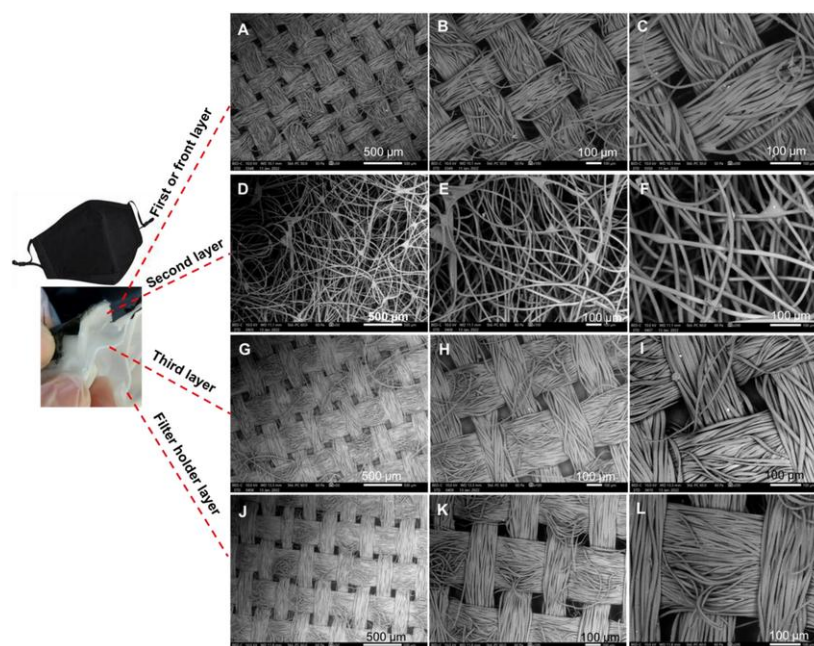


Рис. А.134. SEM для кожного з чотирьох шарів багаторазової бавовняної маски:
 A-C) – передній шар; D-F) – другий шар; G-I) – третій шар;
 J-L) – Шар тримача фільтра або задній шар [254]

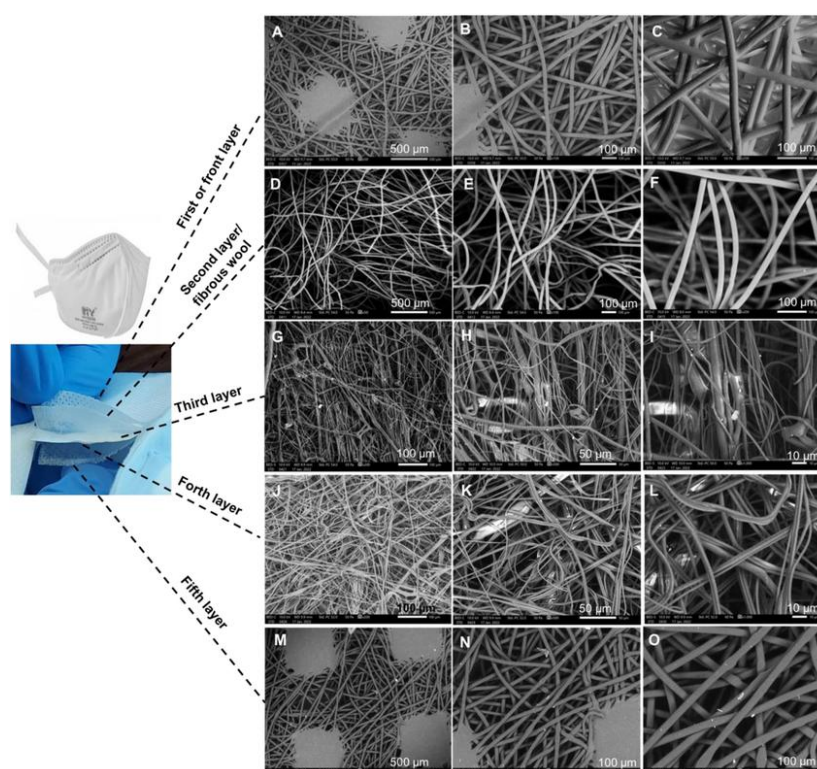


Рис. А.135. SEM для кожного з п'яти шарів маски FFP2: A-C) – передній шар;
 D-F) – другий волокнистий шар; G-I) – третій шар; J-L) – четвертий шар;
 M-O) – шар ffh [254]

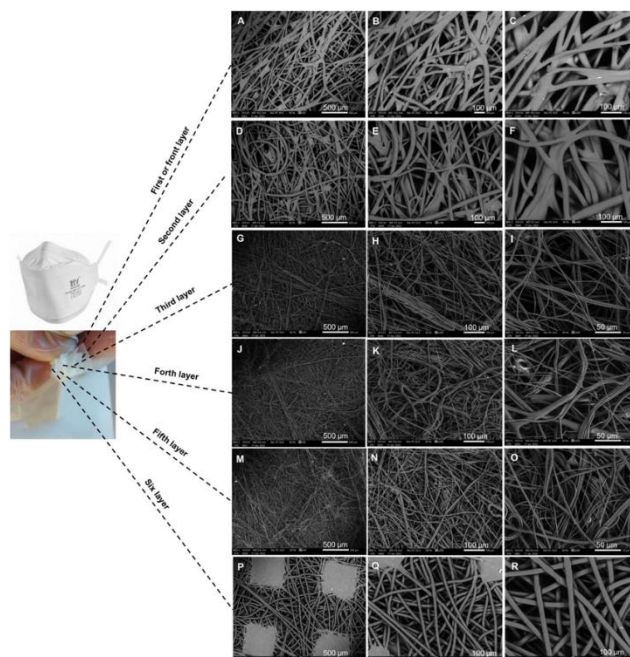


Рис. А.136. SEM для кожного з шести шарів маски для обличчя FFP3: A-C) передній шар; D-F) другий шар; G-I) третій шар; J-L) четвертий шар; M-O) шар ffh; P-R) шість шарів [254]

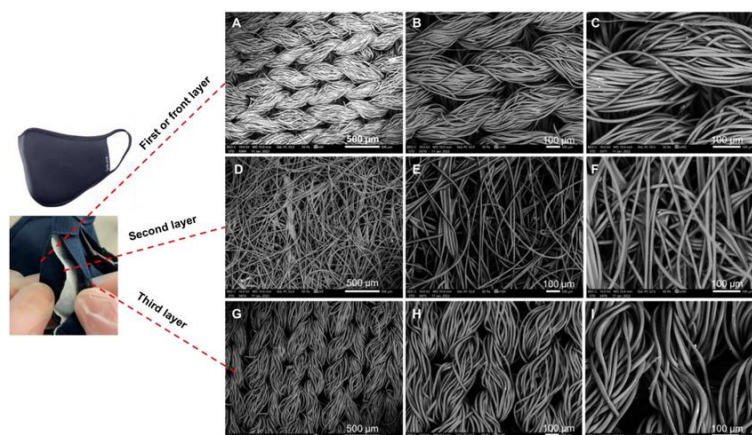


Рис. А.137. SEM для кожного з трьох шарів протівірусної маски для обличчя: A-C) перший або передній шар; D-F) другий шар; G-I) третій шар [254]

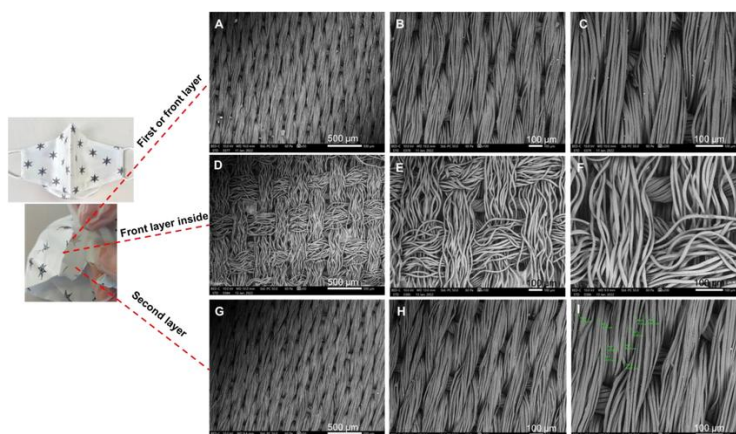


Рис. А.138. SEM для кожного з двох шарів шовкової маски для обличчя з дротом для носа – дихаючий шовк шовковиці: A-C) передній шар; D-F) задня частина переднього шару; G-I) другий шар [254]

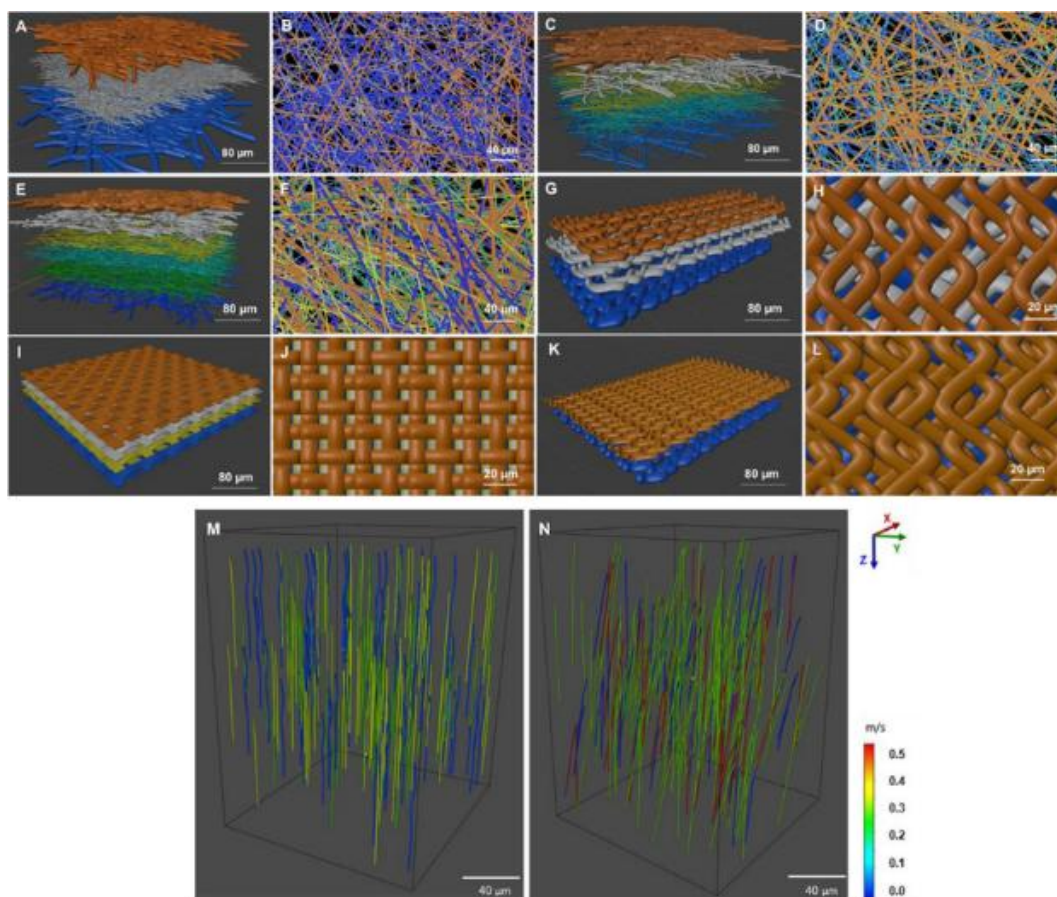


Рис. А.139. Моделювання розподілу волокон всіх шарів масок для обличчя:
 А, В) – хірургічні; С, D) – FFP2; Е, F) – FFP3; G, H) – багаторазова бавовна;
 І, J) протівірусний; К, Л) – шовк.
 Лінія потоку швидкості з'являється в напрямку z для шарів двох масок для обличчя:
 М) хірургічної; N) FFP2 [254]

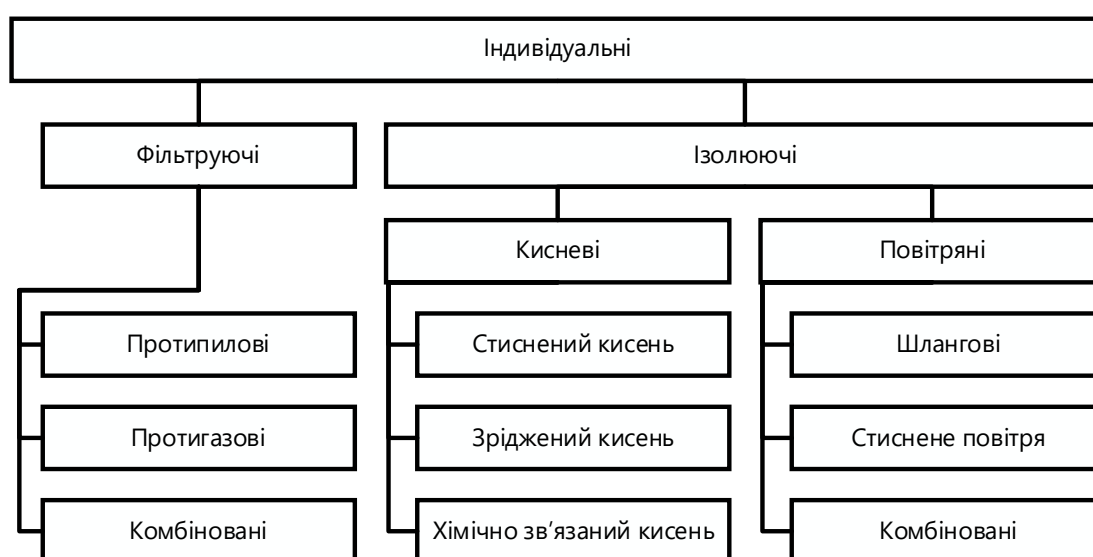


Рис. А.140. Систематизація засобів індивідуального захисту органів дихання за принципом дії

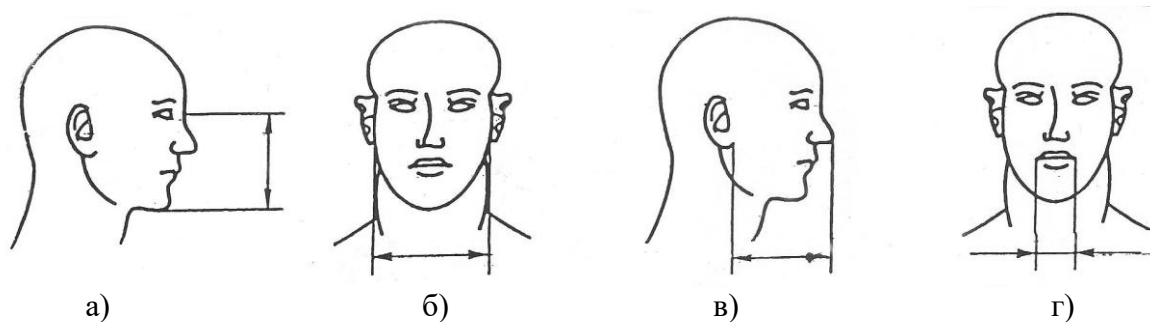


Рис. А.141. а) – висота обличчя (від перенісся до підборіддя); б) – ширина обличчя; в) – глибина обличчя; г) – ширина рота (бізигоматичний діаметр)

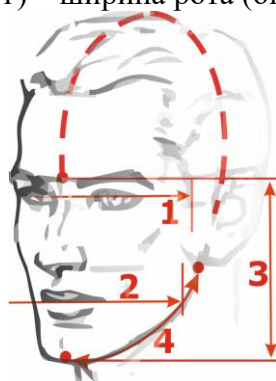


Рис. А.142. Розміри обличчя, які визначались при дослідженні

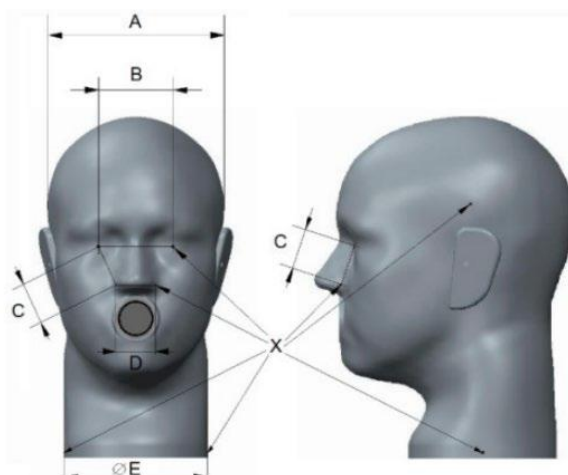


Рис. А.143. Розміри Шеффілдівського манекена голови

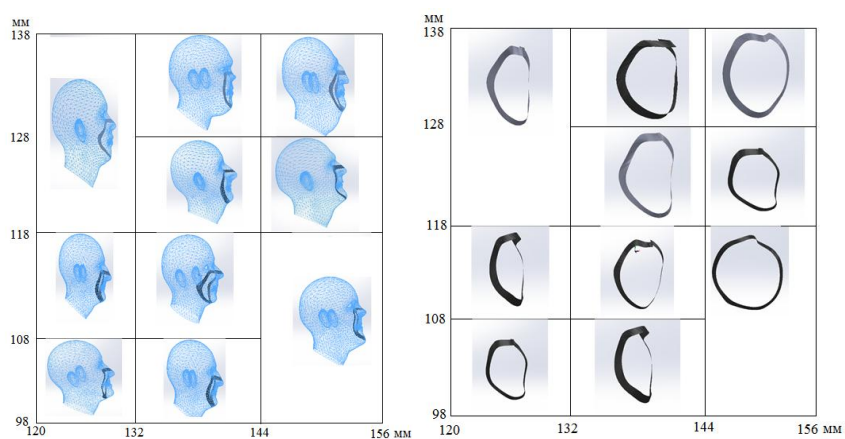


Рис. А.144. Розрахунок перемиту обтюратора півмасок для різних типів обличчя

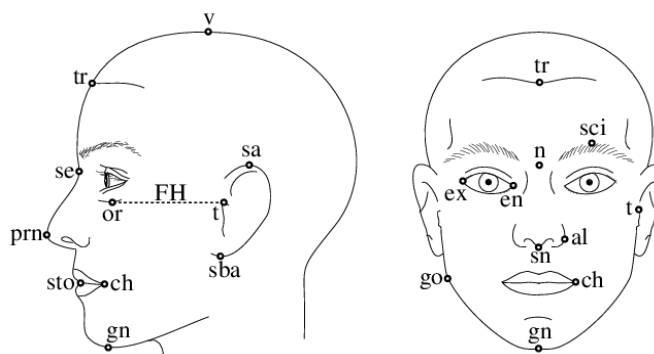


Рис. А.145. Приклад визначення ключових точок на обличчі

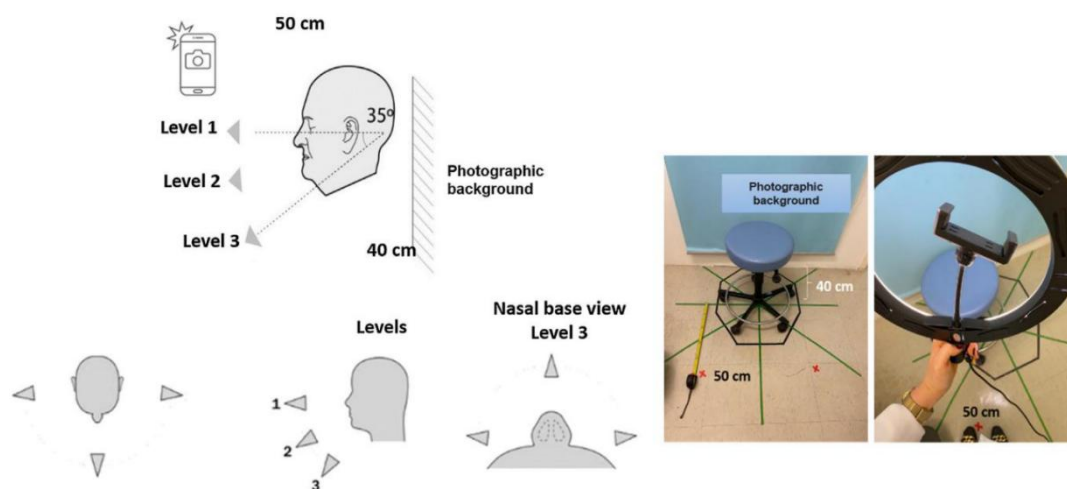


Рис. А.146. Розташування пацієнта та обстежувача під час сеансу. позначки обличчя та рівні захоплення фаз фотопослідовності

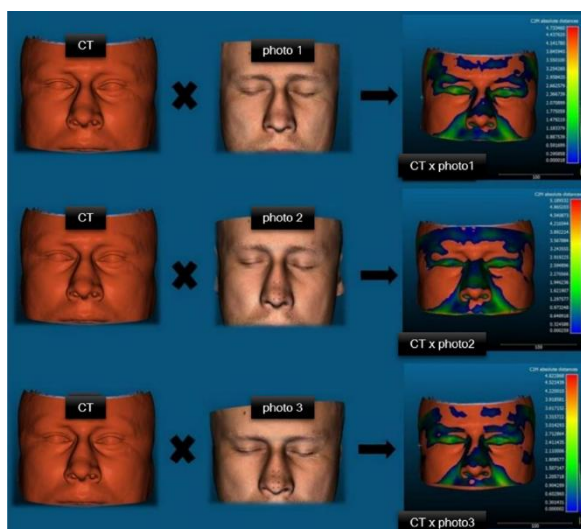


Рис. А.147. Представлення теплових карт, отриманих у результаті порівняння пар із хмарою до сітки (C2M) з абсолютною середньою відстанню у пацієнта чоловічої статі [109]



Рис. А.148. Cyberware Head & Face Color 3D Scanner та процес сканування [375].
Дві лампи встановлено на головці сканера для забезпечення якісного освітлення
для отримання текстури

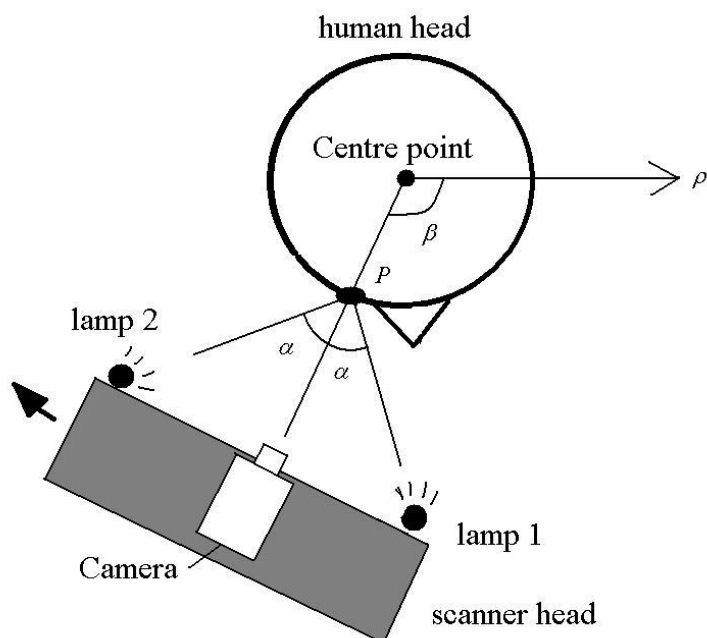


Рис. А.149. Сканування людського обличчя за допомогою Cyberware Head & Face Color 3D Scanner зі спеціальними налаштуваннями джерел світла під час сканування [375].

Таблиця А.5.

Екодизайн міського середовища

Характеристика системного об'єкта	Засоби опису та нормування	Методи вимірювань та верифікації	Точність, системність та об'єктивність вимірювань	Методи зниження трудомісткості аналізу, на предмет взаємодії із зовнішнім середовищем (ЕкоДизайн) підвищення об'єктивності.
Вуличний світильник (наприклад, світлодіодний)	Технічні умови виробника, Сертифікат відповідності, Стандарти, ДБН (в частині, що стосується параметрів приладу.)	Заводські випробування, Лабораторні дослідження, у тому числі сертифікованих лабораторій.	Точність в межах можливостей заводського та лабораторного обладнання.	Отримання електронний IES – файли для програм, що моделюють) Програми математичного моделювання.
Вулична світлоточка: - Сукупність світильника, стовпа або підвісу, а також місця встановлення	Технічні регламенти, Стандарти, ДБН. Конструкторська будівельна документація цільових проєктів.	Проєкти, проєктна та будівельна експертиза. Технічні та будівельні випробування, техпрійом замовником.	Точність та об'єктивність у межах можливостей наглядових організацій та експертних груп залучуваних ними.	Трудомісткість висока – можливості контролю відповідності обмежені можливостями, проєктних та експертних організацій та їх досвіду та оснащення.
Функціональна світлоточка (світильник, пристрій кріплення) + у конкретному місці розташування. архітектурне або технічне завдання - вулиця, сквер, площа, архітектурний об'єкт підсвічування.	Проєктна документація. Технічні та будівельні нормативи. ДБН, документи технічного та будівельного нагляду Вимоги безпеки експлуатації у межах правил дорожнього руху. Містобудівельні документи	Набір експертиз у рамках прийому та задачі робіт, об'єктів. Висновки комунальних організацій під час приймання в експлуатацію	Матеріали комплексних експертиз та випробувань елементів об'єктів – інтерполяція та експертні процедури. Натурні виміри оптичного та загального характеру (лінійні розміри, описи об'єктів та їх призначення)	Висока міра трудомісткості з урахуванням множинності та варіантів об'єктів. Моделювання безлічі об'єктів за допомогою. Спеціальних програм Dealux та інші професійні моделюючі програми. Точність та об'єктивність досить умовна.
Об'єкт освітлення – вулиця, сквер, парк, площа, об'єкт загалом, включаючи сукупність світочок та його архітектурну і соціальне завдання	ТО що вище, але у узагальненому вигляді.	Набір експертиз у рамках прийому та задачі робіт, об'єктів. Укладання комунальних організацій під час приймання цілісних об'єктів в експлуатацію. Процедури пов'язані з архітектурними рішеннями та думкою (комфортом) населення.	Матеріали комплексних експертиз та випробувань елементів об'єктів – інтерполяція та експертні процедури. Натурні виміри оптичного та загального характеру (лінійні розміри, описи об'єктів та їх призначення). Методи об'єктивізації на основі фото та відео фіксації параметрів роботи систем.	Висока дорожня та великий обсяг експертних робіт. Умовна об'єктивність за допомогою фото та відеофіксації. Можливе підвищення точності та зниження трудомісткості за рахунок застосування методів ДЗЗ, дронів, стаціонарних муніципальних камер оптичного стеження.

Для сканування рівня освітленості, наприклад, дорожнього покриття можна використовувати наземні дрони з люксометром, оскільки висота для вимірювання не повинна перевищувати 20 мм. Для апаратної реалізації модуля для збору даних на базі мікроконтролера Arduino можна використати GPS-модуль для визначення координат, необхідні вимірювальні прилади, ультразвуковий далекомір, SD картридер для запису даних на носій.

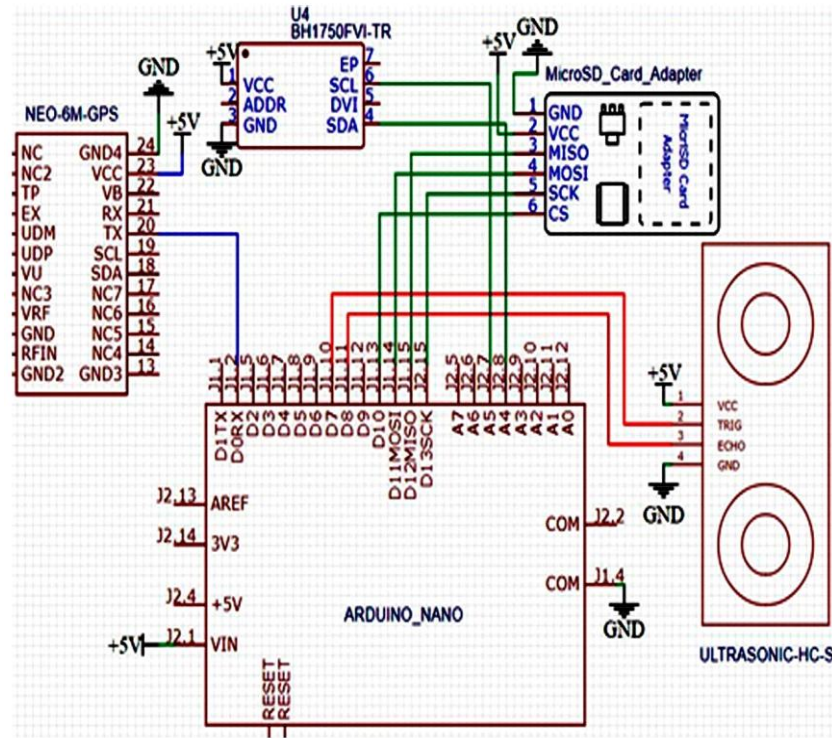


Рис. А.150. Принципова електрична схема модуля для збору даних рівня освітленості

Для апаратної реалізації модуля збору даних на базі мікроконтролера Arduino Nano V3 (на базі ATmega328P з частотою 16МГц, пам'ять: 32 кБ з яких 2кб запропоновано використання бутлоадера SRAM: 2 кБ, EEPROM: 1 кБ) можна використати GPS-модуль (NEO 6M з напругою живлення: 3–5 В, швидкістю передачі за замовчуванням: 9600 біт/с) для визначення координат, а також вимірювальні прилади (датчик освітленості, ультразвуковий далекомір, SD-кардрідер для запису даних на SD-носії) [83].



Рис. А.151. Приклад теплових карт: візуалізація рівня освітленості (у відносних показниках) [83]

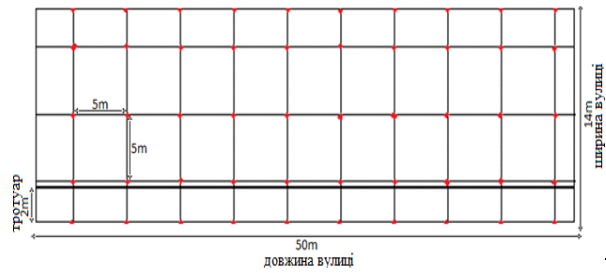


Рис. А.152. Сітка вимірювання освітлення [83]

У легенді топографічної схеми ізомери будуються з кроком не більше ніж 0,5 - 0,3 люкс, що при нормативному показнику за ДБН у діапазоні 12-5 люкс у точці нормування освітлення, - достатньо для експертного рішення про відповідність нормам ДБН, а також для вибору приладу – джерела вуличного освітлення. На рис. А.152 представлено накладення сітки вимірювання на топографічну модель освітлення ділянки (рішення прямої задачі).

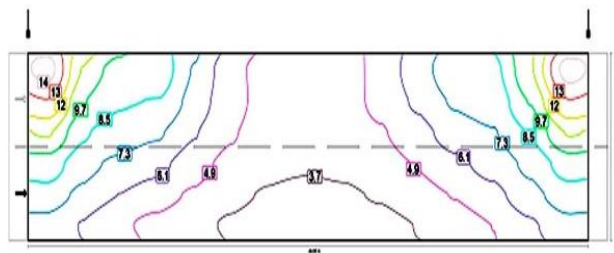


Рис. А.153. Топографічна модель [83]

Для автоматичного визначення рівня освітлення можна використати наступні датчики (табл. А.6), чутливість яких налаштована на видимий спектр.

Таблиця А.6

Датчики наявні на ринку

Назва	Виробник	Мікросхема	Діапазон освітленості
SI1145 Digital UV Index	Adafruit	Si1145	0.045 – 188000 Люкс
GY-49	Maxim integrated	MAX44009	

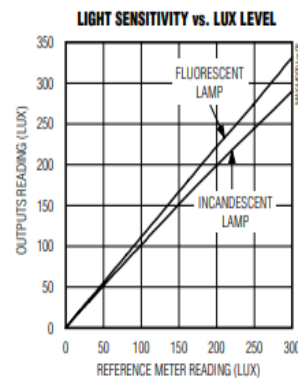
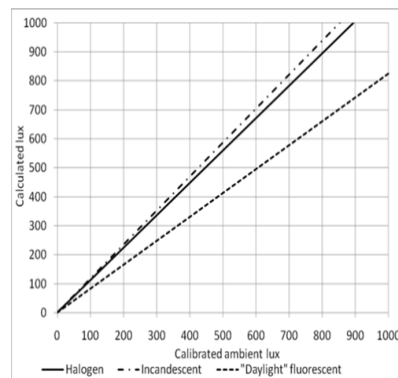


Рис. А.154. Похибки у вимірюваннях Si1145 та MAX44009

Датчики мають похибки (рис. А.154) у вимірювання порівняно з професійними люксметрами

Таблиця А.7

Матриця екодизайну міського середовища – схема відповідності вимогам та методи аналізу

Характеристика системного об'єкта	Вуличний світильник (світлодіодний)	Вулична світлоточка – сукупність світильника, стовпа або підвісу, а також місця встановлення	Функціональна світлоточка (світильник, пристрій кріплення) + у конкретному місці розташування. архітектурне або технічне завдання – вулиця, сквер, площа, архітектурний об'єкт підсвічування	Об'єкт освітлення – вулиця, сквер, парк, площа, об'єкт (район частина міста, цільовий комплекс – житлова\пром. зона), включаючи сукупність світлоточок та його архітектурну і соціальне завдання
1	2	3	4	5
Засоби опису та нормування	Технічні умови виробника, сертифікат відповідності, стандарти, ДБН (у т.ч. параметрів приладу)	Технічні регламенти, стандарти, ДБН. Конструкторська будівельна документація цільових проєктів	Проектна документація. Технічні та будівельні нормативи. ДБН, документи технічного та будівельного нагляду. Вимоги безпеки експлуатації у межах правил дорожнього руху. Містобудівельні документи	Те саме, що й вище, але в узагальненому вигляді
Методи вимірювань та верифікації	Заводські випробування. Лабораторні дослідження, у т.ч. сертифікованих лабораторій	Проекти, проєктна та будівельна експертиза. Технічні та будівельні випробування, тех. прийом замовником	Набір експертиз у рамках прийому та здачі робіт, об'єктів. Висновки комунальних організацій під час приймання в експлуатацію	Набір експертиз у рамках прийому та здачі робіт, об'єктів. Укладання комунальних організацій під час приймання цілісних об'єктів в експлуатацію. Процедури пов'язані з архітектурними рішеннями та думкою (комфортом) населення
Точність, системність та об'єктивність вимірювань	Точність у межах можливостей заводського та лабораторного обладнання	Точність та об'єктивність у межах можливостей наглядних організацій та експертних груп залучуваних ними	та загального характеру (лінійні розміри, описи об'єктів та їх призначення)	Матеріали комплексних експертиз та випробувань елементів об'єктів – інтерполяція та експертні процедури. Натурні виміри оптичного та загального характеру (лінійні розміри, описи об'єктів та їх призначення). Методи об'єктивізації на основі фото-і відеофіксації параметрів роботи систем
Методи зниження трудомісткості аналізу, на предмет взаємодії із зовнішнім середовищем (Екодизайн) підвищення об'єктивності	Отримання IES-файлів для проєктів, що моделюють рівні освітлення) Програми математичного моделювання	Трудомісткість висока – можливості контролю відповідності обмежені можливостями проєктних/експертних організацій та їх досвіду й оснащення	Висока міра трудомісткості з урахуванням множинності та варіантів об'єктів. Моделювання безлічі об'єктів за допомогою спец. Програм DIALux та інші професійні моделюючі програми. Точність та об'єктивність досить умовна	Висока дорожнеча та великий обсяг експертних робіт. Умовна об'єктивність за допомогою фото та відеофіксації. Можливе підвищення точності та зниження трудомісткості за рахунок застосування методів ДЗЗ, дронів, стаціонарних муніципальних камер оптичного стеження

Наведена схема надає можливість виявити зв'язок проведених конкретних вимірювань з кінцевим результатом експертного висновку про прогнозовану якість системи. Оскільки перший об'єкт ієрархії (світильник) досліджується лабораторно (в тому числі задля визначення відповідності технічним умовам (ТУ) та порівняння з іншими вимогами – присвоєння, так званого IES файлу, а другий (світильник, пристрій кріплення) моделюється за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення (програма працює з іміджами (3D-зображення) на базі генерування ідеальних IES файлів за наданими параметрами простору), до лабораторних даних світильника додають дані про пристрій кріплення (висота, кут закріплення консолі, рефлектор), а робота експертних груп починається з функціональної світлоточки.



Рис. А.155. Класифікація різновидів 3D-сканерів

Таблиця А.8

Класифікації 3D-сканерів

Критерій	Категорії	Підкатегорії
Принцип роботи	Контактні \ Безконтактні	Безконтактні: Активні (Лазерні, Структуроване світло, Інфрачервоні) Пасивні (Стереоскопічні, Фотометричні, Силуетні)
Точність	Високоточні (до 10 мікрон) Середньої точності (10–30 мікрон) Низької точності (>30 мікрон)	Високоточні: ювелірна справа, медицина Низької точності: будівництво, ландшафти
Розмір об'єктів	Дрібні (ювелірні вироби, мікроелементи) Середні (механізми, автомобілі) Великі (будівлі, ландшафти)	
Сфера застосування	Інженерія Медицина Мистецтво та культурна спадщина Архітектура Освіта	Медицина: Стоматологія, Біомедицина Культура: Музеї, Реставрація
Тип обладнання	Стаціонарні Портативні	Портативні: Ручні, Мобільні додатки (LiDAR, Фотограмметрія)
Джерело даних	Візуальне випромінювання Лазерне випромінювання Інфрачервоне випромінювання	

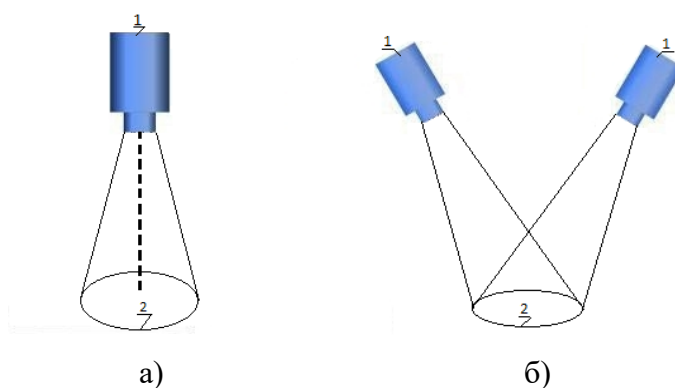


Рис. А.156. Графічне зображення місць розміщення робочих елементів пасивних 3D-сканерів: а) – камера; б) – об'єкт

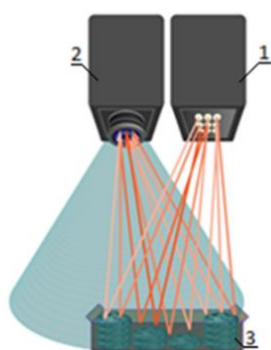


Рис. А.157. Графічне зображення місць розміщення робочих елементів активних лазерних 3D-сканерів: 1 – інфрачервоне джерело світла; 2 – ToF датчик; 3 – об'єкт

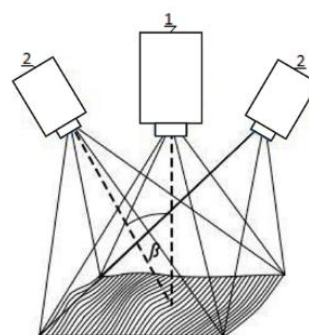


Рис. А.158. Графічне зображення місць розміщення робочих елементів активного проекторного 3D-сканеру: 1 – проектор, 2 – камера

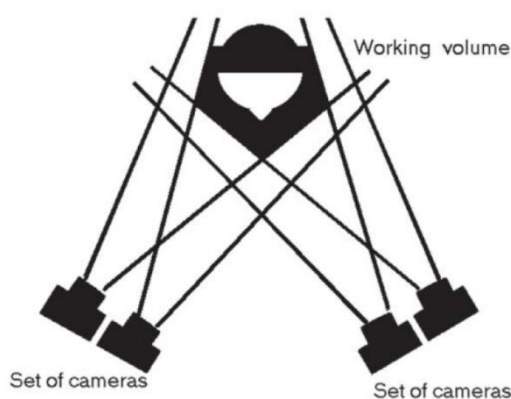


Рис. А.159. Схема стереофотограмметричного приладу для аналізу м'яких тканин обличчя [319]

Два набори телекамер записують риси обличчя справа та зліва. Робочий об'єм (чорна область) являє собою частину простору, видиму двома або більше камерами з непаралельними оптичними осями. Після процедури калібрування комп'ютер може отримати метричні 3D-координати кожної точки робочого об'єму.

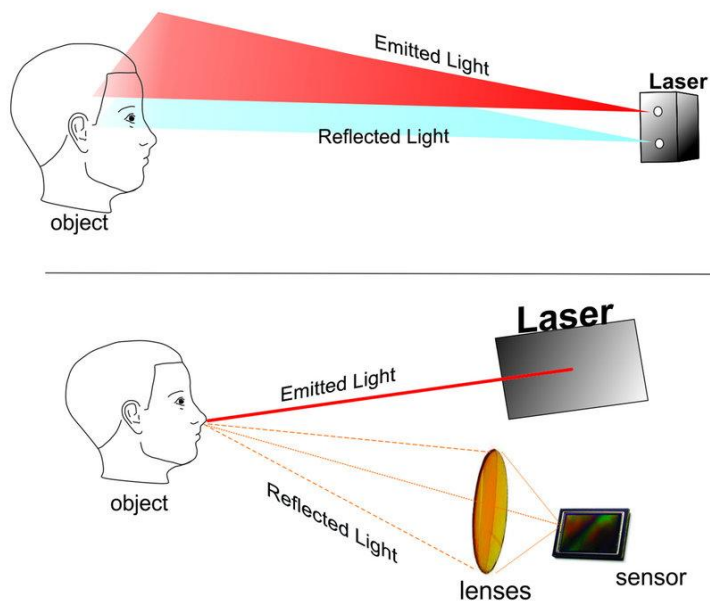


Рис. А.160. Принцип лазерної тріангуляції. Лазерна точка, камера та лазерний випромінювач утворюють трикутник, відома відстань між камерою та лазерним випромінювачем, а також кут випромінюваного лазера. Кут камери можна визначити за допомогою лазерної точки в полі зору камери, що визначає принцип тріангуляції. Кольорова версія цієї фігури доступна на веб-сайті JASs [319]

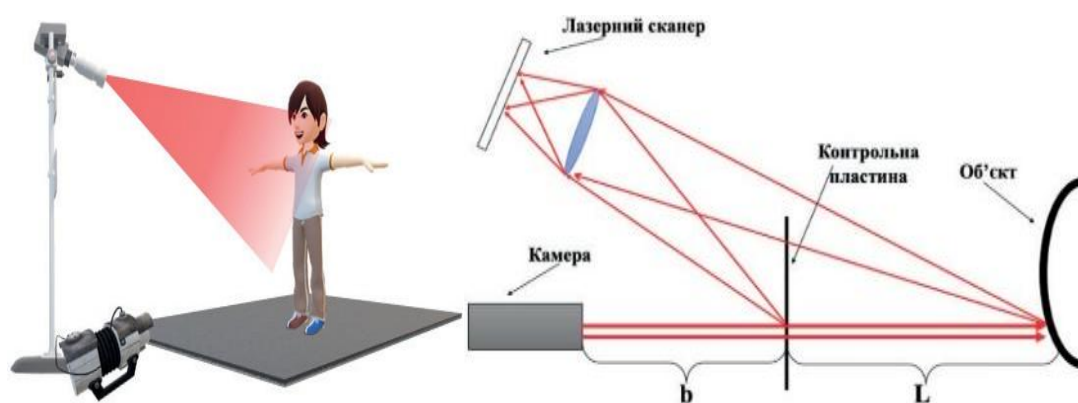


Рис. А.161. Лазерний 3D-сканер та модель роботи сканера [66]



Рис. А.162. Кабіна 3D-сканування тіла [66]

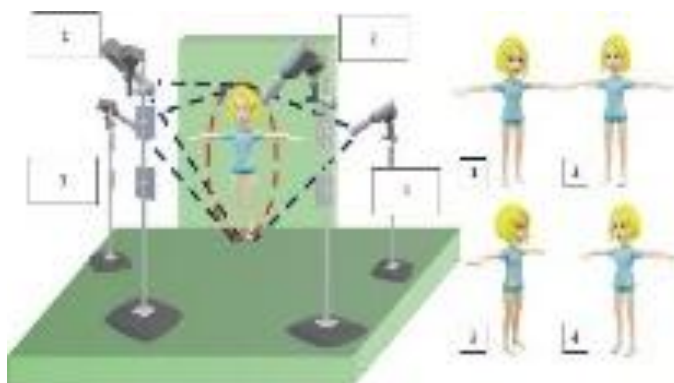


Рис. А.163. Отримання 3D-моделі за допомогою статичного методу [66]

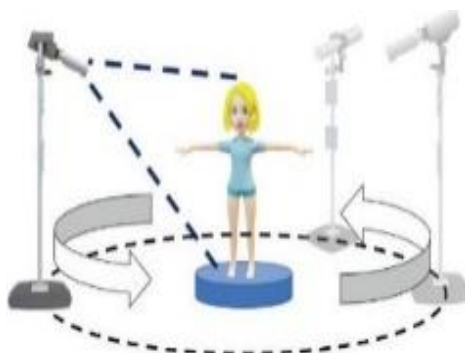


Рис. А.164. Отримання 3D-моделі за допомогою динамічного методу [66]



Рис. А.165. Експериментальний манекен людини у захисній масці для проведення досліджень



Рис. А.166. Цільовий об'єкт (фігурка)

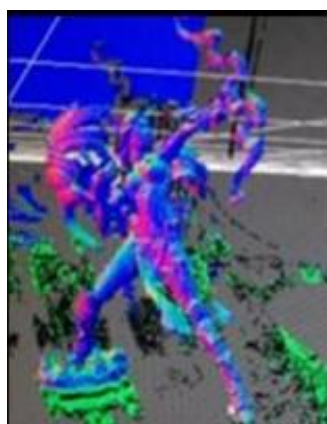


Рис. А.167. Сканована фігурка, представлена у вигляді 3D моделі

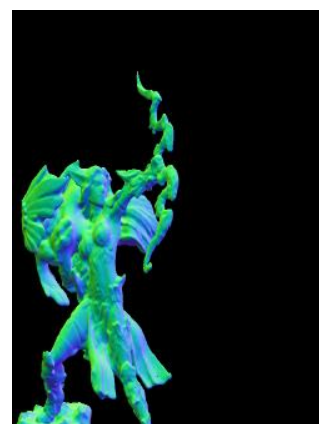


Рис. А.168. Відсканована 3D модель об'єкта з використанням удосконаленого підходу

Скорочення і опис розмірних ознак

Номер ознаки (рис. 1)	Скорочення	Розмірна ознака обличчя	Опис розмірної ознаки обличчя
1	GONI	Ширина обличчя за лінією очей	Максимальна горизонтальна ширина обличчя крайніми точками впадин очей
2.	ZYGO	Ширина обличчя за кутами нижньої щелепи	Максимальна горизонтальна ширина обличчя між щелеповими дугами
3	NOSEBRTH	Ширина носа	Відстань між правою і лівою точкою крил носа
4.	LIPLGTH	Довжина губ	Відстань між правою і лівою точкою за кутами рота
5.	MENSELL	Довжина обличчя	Відстань між нижньою точкою підборіддя і верхньою точкою заглибленості носа
6.	NOSEPRH	Довжина носа	Відстань між нижньою точкою носа і верхньою точкою заглибленості носа
7.	MSNL	Нижня частина обличчя	Відстань між нижньою точкою підборіддя і нижньою точкою носа
8	NOSP	Випинання носа	-
9	TRNA	Ширина щоки	Відстань від нижнього краю вуха до крила носа
10	TRMA	Ширина скули	Відстань від нижнього краю вуха до підборіддя

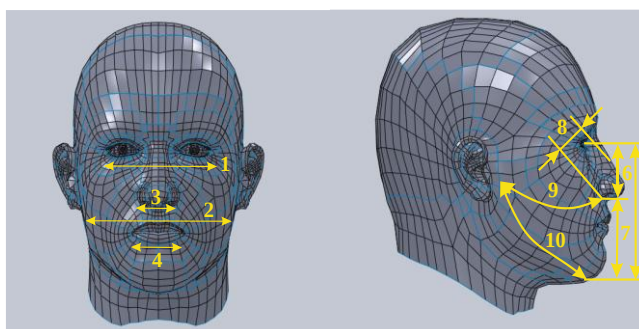


Рис. А.169. Позначення розмірних ознак обличчя: спереду (а) і збоку (б)

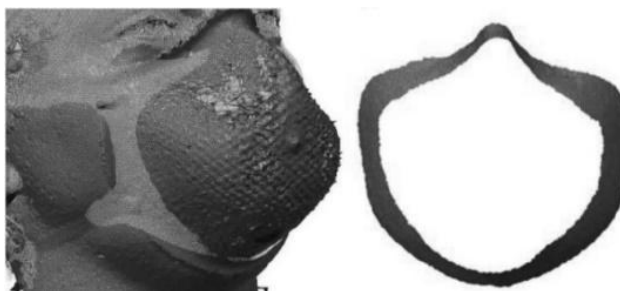


Рис. А.170. Визначення ефективної площі обтюратора півмаски

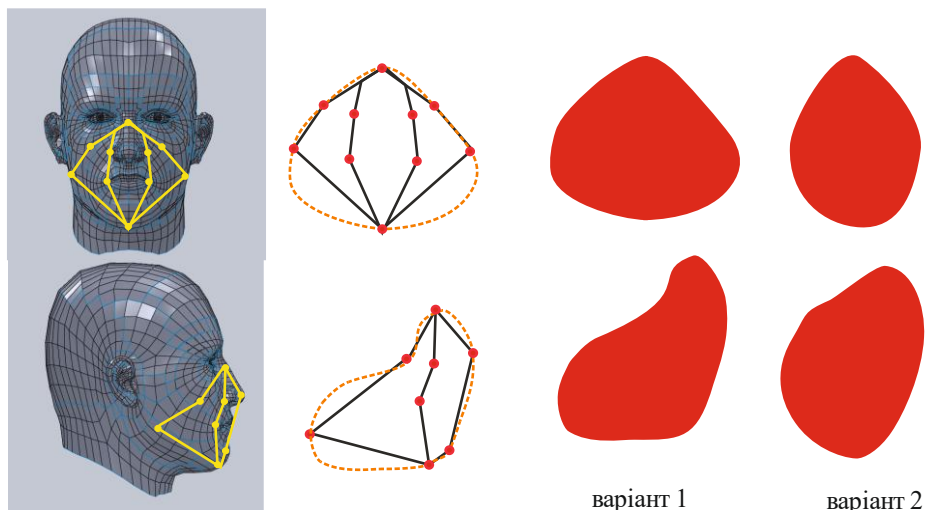


Рис. А.171. Схеми контурів смуги обтюрації

Відображення теплового поля на дисплеї тепловізора надається у вигляді кольорової картини, де місця проникнення аерозолі у підмасковий простір крізь щілини між обтюратором і обличчям мають особливе забарвлення. На підставі отриманих результатів та вимірів, запропоновано розміщення критичних точок для побудови смуги обтюрації на обличчі (рис. А.171).

Форма маски отримана за координатами антропометричних точок, які одержано під час оцифрування відсканованих форм облич (рис. А.172). Найбільш проблемним місцем є область перенісся, яка є випуклою, а у зображенні півмасок ця ділянка частково не співпадала з розмірами перенісся. Результат моделювання надано у табл. А.10 і на рис. А.173.

Важливим є вибір матеріалів для виготовлення півмасок та обтюратора. Передбачається протипилові півмаски виготовляти багатошаровими (рис. А.174). Перший шар – зовнішній каркасний для видалення з повітряного потоку найбільших за розміром часток пилу, захисту фільтрувального матеріалу від механічних пошкоджень та деформацій. Другий і третій – фільтрувальні шари, призначені до очищення повітря від шкідливих домішок. Такі шари визначають ступінь захисної ефективності респіратора. Четвертий – внутрішній шар, є опорою для фільтрувального матеріалу та безпосередньо контактує з обличчям користувача. Матеріал четвертого шару повинен бути гладким, не містити речовин, які викликають подразнення або алергію, поліпшувати умови використання (вбирати вологу під час дихання).

Обтюратор виготовляють з ідентичних матеріалів, але для покращення ізолювальних властивостей можна використати спеціальні матеріали (пінополіуретан, силікон, гума). Розроблені зразки півмасок виготовлено з трьох шарів поліпропіленового фільтрувального матеріалу різної щільності (табл. А.11) та внутрішній шар виготовлено з бавовняної тканини (рис. А.175).

Одним з головних етапів виготовлення півмасок є визначення точок кріплення наголів'я – можна скористатися розрахунковим способом або використати спеціальну вимірювальну систему (рис. А.176). Вирішення останнього завдання пов'язано з процесом термографування виготовлених півмасок; отримані теплові зображення при проектуванні респіраторов наведено на (рис. А.177).

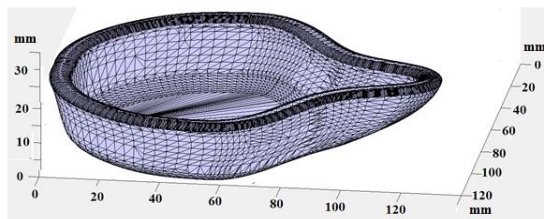
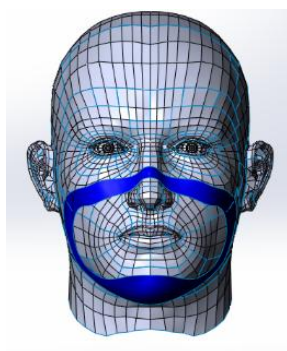


Рис. А.172. Вигляд поверхня фільтрувальної півмаски за другим варіантом

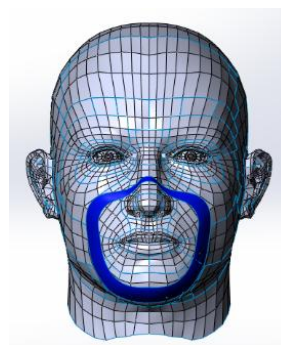
Таблиця А.10

Результати розрахунку площі смуги обтюрції

Номер варіанту	Розрахована площа контакту між півмаскою і зонами обличчя, см ²				Загальна площа контакту, см ²
	перенісся	права щока	ліва щока	підборіддя	
1	2.2	3.1	3.1	4.0	12.4
2	1.2	2.2	2.2	2.6	8.2



а)



б)

Рис. А.173. Вигляд смуги обтюрції півмасок на моделі голови:

а) – варіант 1; б) – варіант 2



Рис. А.174. Заготовка для виготовлення півмасок: 1 – внутрішній шар;
2 – фільтр тонкого очищення; 3 – фільтр грубого очищення;
4 – зовнішній каркасний шар

Таблиця А.11

Основні параметри фільтрувальних шарів з яких виготовлені зразки

Основні параметри фільтрувального шару	Показники фільтрувальних шарів		
	Перший	Другий	Третій
Радіус волокон a , мкм	10.0	3.0	7.0
Щільність упакування волокон, β ,	0.03	0.05	0.03
Товщина, мм	4.0	3.0	3.0



а



б

Рис. А.175. Зовнішній вигляд фільтрувальних півмасок:
а) – варіант 1; б) – варіант 2

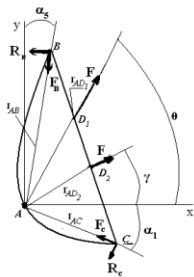
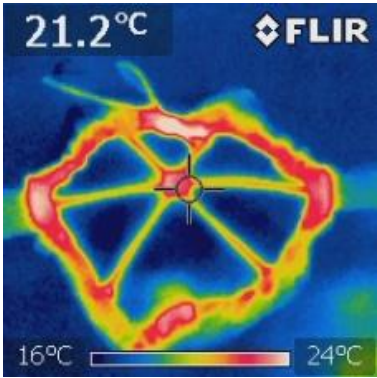
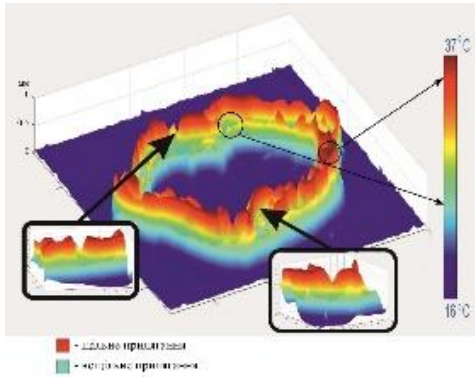


Рис. А.176. Розрахункова модель для визначення місця розташування наголів'я



а



б

Рис. А.177. Інфрачервоне зображення респіратору за варіантом:
а) – випробування з допомогою тепловізора;
б) – після обробки у пакеті Matlab

Таблиця А.12

Результати розрахунків захисної ефективності півмасок

Номер варіант у	Перепа д тиску, Δp , Па	Загальна витрата повітря, Q_0 , м ³ /с	Максимальна висота нерівномірнос тей, k_{max} , м	Коефіцієнт ефективності, k_g	Показник, $C_{g\cdot}$, м ³ /с	Коефіцієнт проникності, C_u	Коефіцієнт захисту K_z
1	75	0,0015	0.04	0.8	$5.2 \cdot 10^{-5}$	1.25	28.7
2			0.06	0.7	$8.4 \cdot 10^{-5}$	0.74	17.9

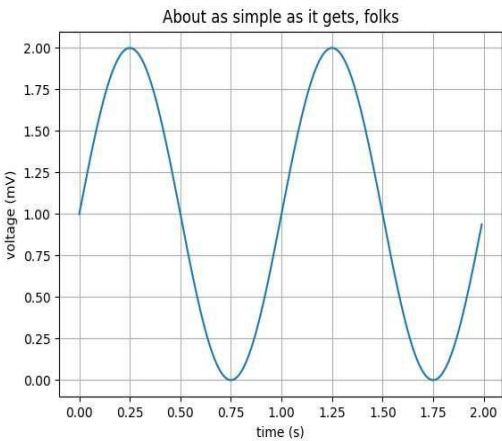


Рис. А.178. Python Matplotlib

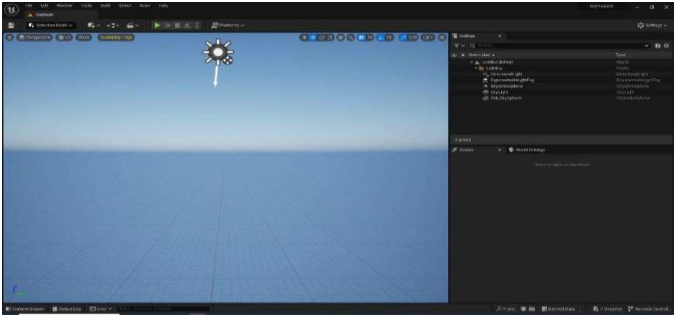


Рис. А.179. Створення нової мапи

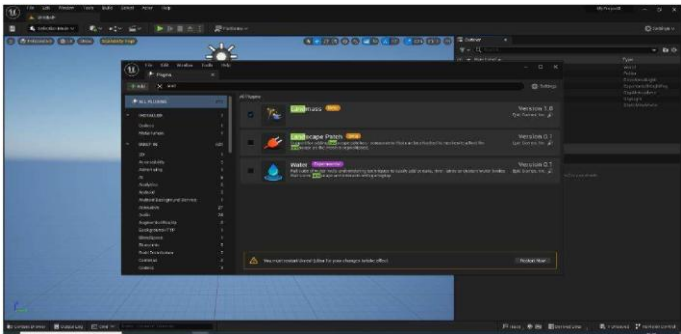


Рис. А.180. Підключення плагіну для роботи з ландшафтом

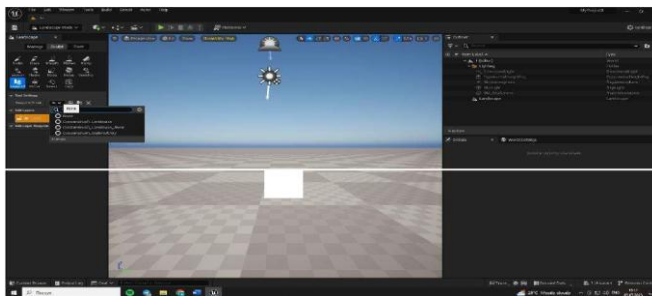


Рис. А.181. Вибір «щітки» для процедурної генерації ландшафту

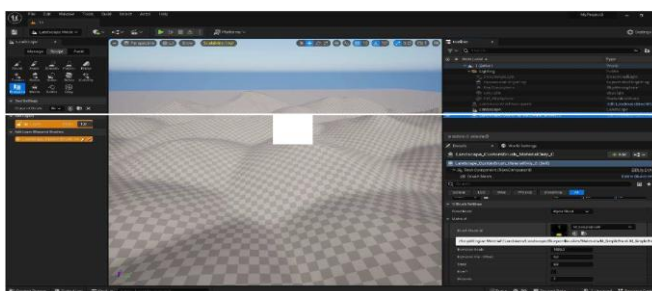


Рис. А.182. Застосування щітки

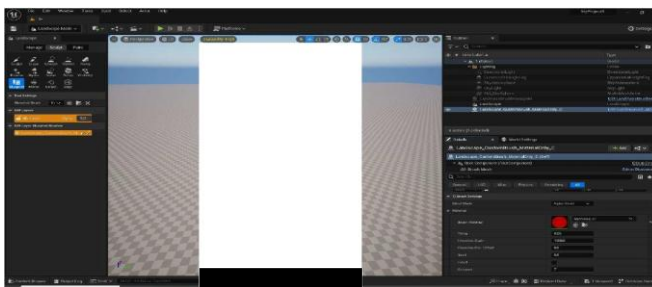


Рис. А.183. Заміна базового матеріалу «щітки» на базовий шум

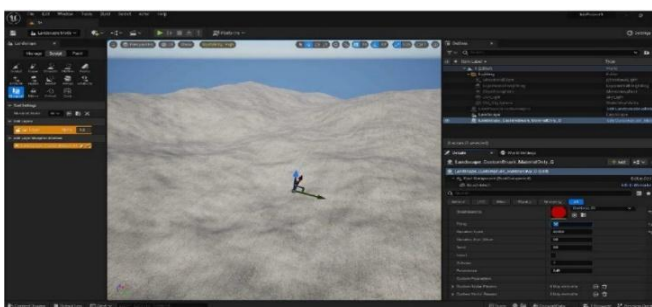


Рис. А.184. Зміна параметрів шуму

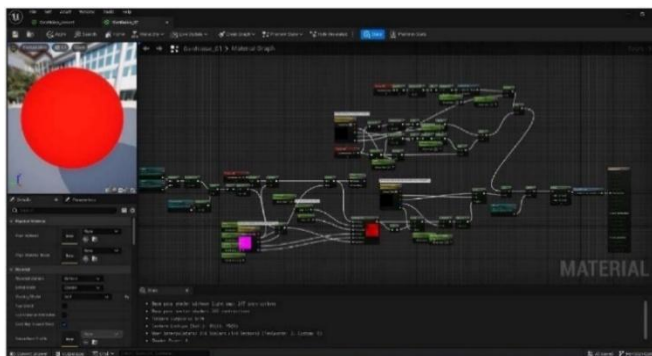


Рис. А.185. Базовий матеріал шуму

Більш досвідчені користувачі можуть використати модулі для генерації псевдовипадкових чисел, наприклад `simplerandom` (алгоритми MWC1, MWC2, Cong, SHR3, MWC64, KISS, KISS2, LFSR113, LFSR88) [], а також написати код без використання модуля `perlin_noise` за алгоритмом генерації шуму Перліна або будь-якого необхідного шуму, що надасть їм доступ до всіх параметрів для точного налаштування.

Код генерації шуму

```
import matplotlib.pyplot as plt
from perlin_noise import PerlinNoise
noise = PerlinNoise(octaves=1, seed=1)
xpin, ypin = 250, 250
pic = [[noise([i/xpin, j/ypin]) for j in range(xpin)] for i in range(ypin)]
plt.figure(figsize=(8, 8))
plt.imshow(pic, cmap='gray')
plt.savefig('perlin_noise_high_res.pdf', dpi=665)
plt.show()
```

Параметри `plt.figure (figsize=(8, 8))`, `plt.savefig ('perlin_noise.pdf', dpi=665)` створюють графік розміром 8 на 8 дюймів з роздільною заданістю 665 пікселів на дюйм та дозволяють отримати текстуру шумів з роздільною здатністю 4096x4096.

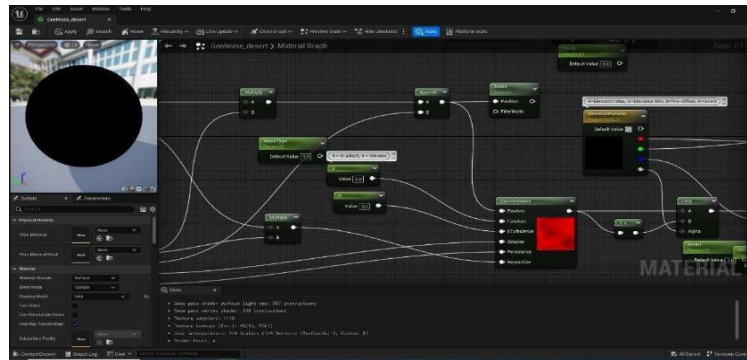


Рис. А.186. Модифікація матеріалу шуму до діаграм Вороного для відтворення пустельного ландшафту [30]

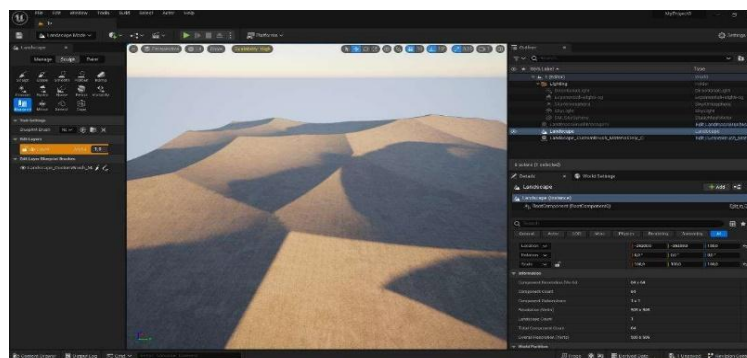


Рис. А.187. Результат генерації за допомогою діаграм Вороного [30]



Рис. А.188. Результат додавання нового шару та зміни текстури

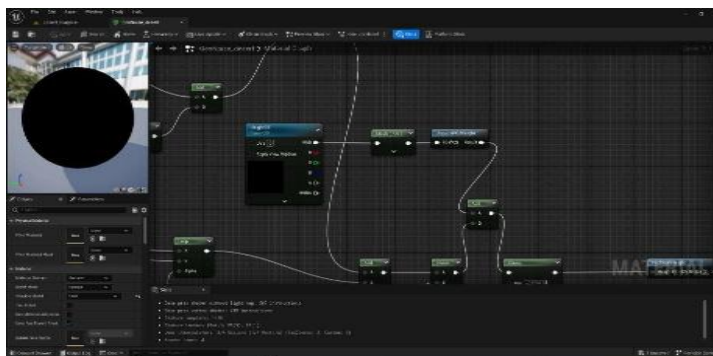


Рис. А.189. Необхідні модифікації для коректної взаємодії шарів між собою

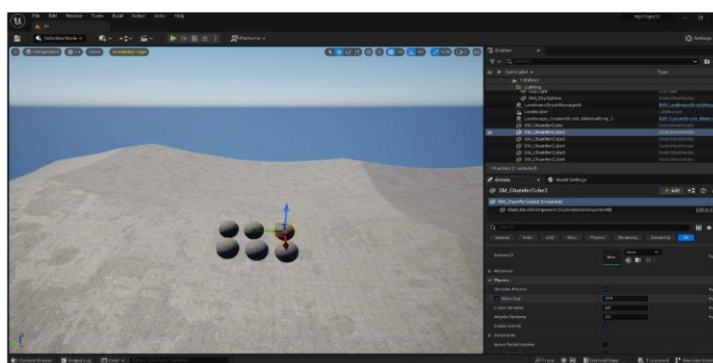


Рис. А.190. Додавання акторів для агентного моделювання

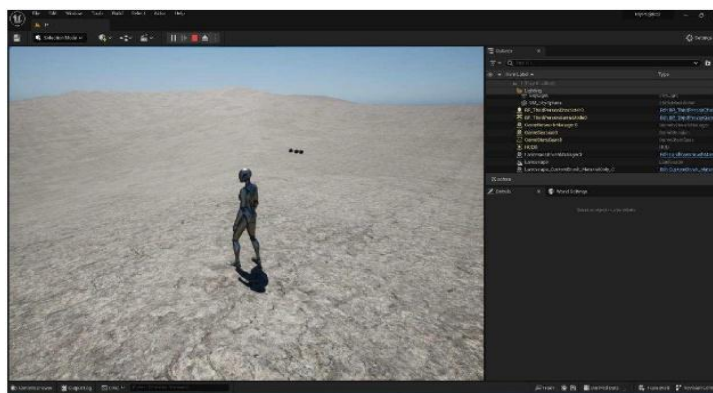
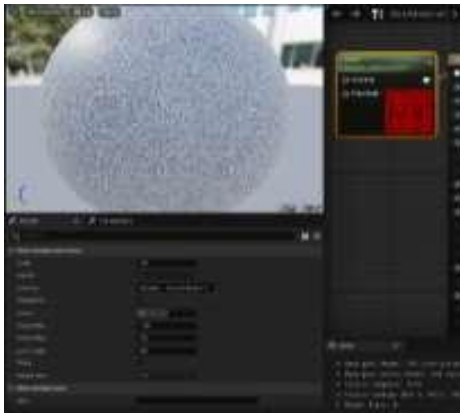
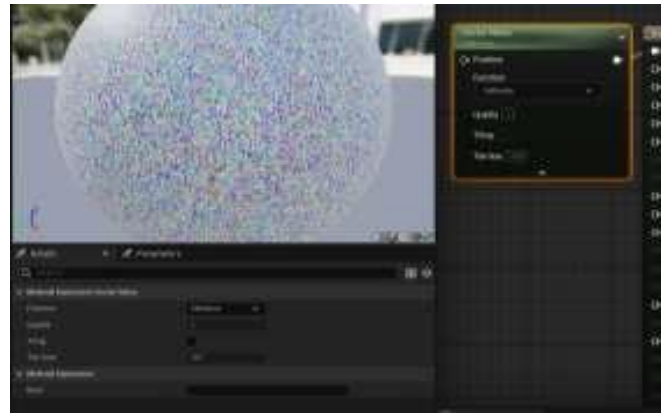


Рис. А.191. Додавання акторів для агентного моделювання (людина)



а) нод Noise



б) нод Vector Noise

Рис. А.192. Генерація використання готових структур шумів для Unreal Engine для матеріалів за допомогою: а) нод Noise; б) нод Vector Noise

Unreal Engine має два основні шляхи для використання шумів: перший – використання вбудованих **node (функцій/вузлів)** рушія, другий – можливість використання вже готових текстур шумів доданих в нього за замовчування, тих, що можуть бути додані параметром Start Content при створенні або імпортованих користувачем у вже створений проєкт. Шуми Gradient Noise, Simple Noise, Perlin Noise генерують скалярні значення, тобто одне значення у кожній точці шаблону шуму. Вони використовуються для створення текстур, карт переміщень або ефектів маскування. При застосуванні значень шуму до позицій вершин або координат текстури можуть використовуватися для спотворень або деформацій.

Векторні шуми генерують векторні поля, а саме напрямок та величину у кожній точці шаблону шуму. Вони корисні для імітації рідиноподібного руху, деформацій, тощо. Векторне поле можна використовувати для деформацій в Particle System (система частинок для створення візуальних ефектів), об'єктів (mesh/actor) або інших елементів. Як звичайний, так і векторний шум можна комбінувати з іншими функціями для створення більш складних та заплутаних ефектів.

Таблиця А.13

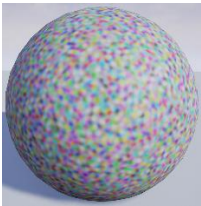
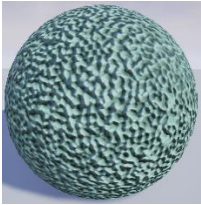
Опис доступних алгоритмів функції Noise

Шум (Алгоритм)	Опис
Simplex	Функція має високу якість для прямого використання та створення виступів на об'єктах. Не можна використовувати tile (розміщувати поряд із своєю копією не показуючи швів у місці дотику двох плиток).
Gradient	Функція має високу якість для прямого використання та створення виступів на об'єктах. Може використовувати tile, що збільшує кількість розрахунків на 21%. Раніше позначався як Perlin Noise.
Fast Gradient	Функція має високу якість для прямого використання, низька ефективність при створенні виступів на об'єктах. Має постійний режим «tile», який не можна вимкнути.
Gradient	Функція має високу якість для прямого використання та створення виступів на об'єктах. Може використовувати tile, що збільшує кількість розрахунків на 78%.
Value	Функція має низьку якість, але є простим в обчисленні. Може використовувати tile, що збільшує кількість розрахунків на 122%. Раніше неправильно позначався як Градієнтний шум.
Voronoi	Функція виводить реальне значення за заданою координатою, яке відповідає відстані до n-ї найближчого початкового значення.

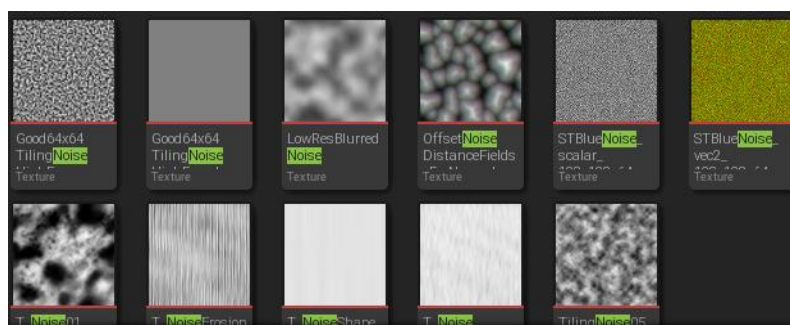
Нод шуму особливо корисний для процедурної генерації наповнення (текстури, об'єкти, їх розміщення), оскільки він дає змогу генерувати унікальні та різноманітні патерни без необхідності використання попередньо створених текстур або моделей. Це може бути корисно для створення динамічних середовищ, спецефектів або для оптимізації продуктивності за рахунок зменшення потреби у великих ресурсах для використання та зберігання текстур.

Таблиця А.14

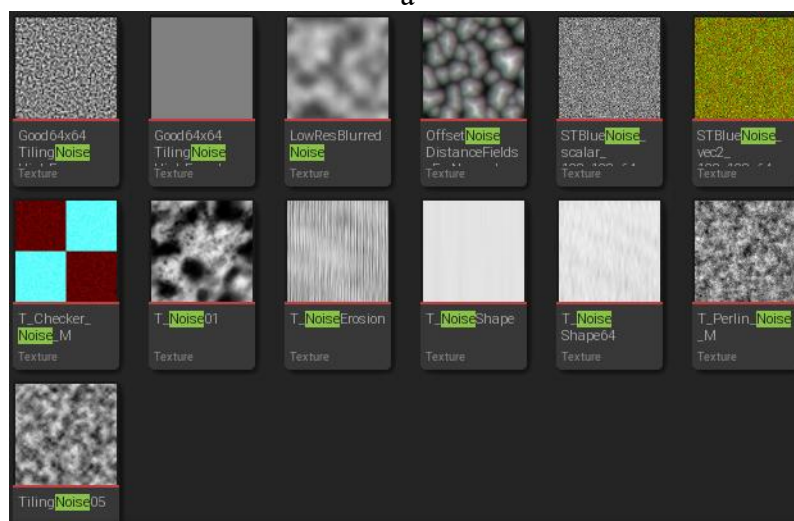
Опис доступних алгоритмів функції Vector Noise []

Зображення	Шум/ Алгоритм	Опис
	Cellnoise	Функція повертає випадковий колір для кожної комірки у 3D-моделі (mesh) (наприклад, від операції математичної підлоги, застосованої до вхідних даних вузла). Результати завжди узгоджуються для заданої позиції, тому можуть забезпечити надійний спосіб додати випадковості до матеріалу. Ця функція векторного шуму надзвичайно дешева в обчисленні, тому немає необхідності вбудовувати її в текстуру для підвищення продуктивності
	Perlin 3D Noise	Функція повертає випадковий колір для кожної комірки у 3D-моделі (наприклад, від операції математичної підлоги, застосованої до вхідних даних вузла). Результати завжди узгоджуються для заданої позиції, тому можуть забезпечити надійний спосіб додати випадковості до матеріалу. Ця функція векторного шуму надзвичайно дешева в обчисленні, тому немає необхідності вбудовувати її в текстуру для підвищення продуктивності
	Perlin Gradient	Функція обчислює 3D градієнт скалярного симплекс-шуму Перліна. На виході – чотири канали, де перші три (RGB) – градієнт, а четвертий (значення або вектор довільної довжини.) – скалярний шум. Цей тип шуму корисний для нерівностей на поверхні або для карт потоків.
	Perlin Curl	Функція обчислює 3D завихрення векторного симплекс-шуму Перліна (також відомого як Curl Noise). Результатом є 3D вектор закрутки зі знаком, який корисний для потоку рідини або частинок.
	Voronoi	Функція обчислює той самий шум Вороного, що й скалярний шум Вороного. Скалярний шум Вороного розсіює вихідні точки у 3D просторі і повертає відстань до найближчої з них. Версія векторного шуму повертає розташування найближчої початкової точки у RGB та відстань до неї – в значення або вектор довільної довжини.

На рис. А.193 відображено готові текстури шумів, що доступні користувачеві в ігровому рушію. За замовчуванням в проєкті доступні 11 текстур шумів, кількість яких збільшується до 13 за допомогою параметру «Starter Content» (рис. А.194) при створенні нового проєкту.



а



б

Рис. А.193. Стандартні текстури шумів в Unreal Engine:
а – за замовчуванням; б – Starter content

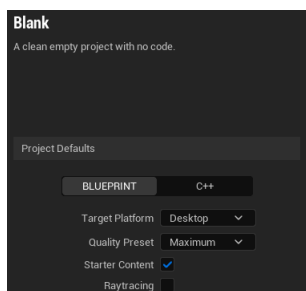


Рис. А.194. Параметри нового проєкту

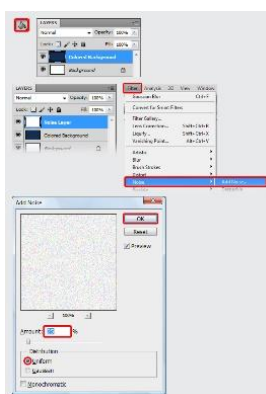


Рис. А.195. Приклад генерації текстури в Adobe Photoshop

У шумі Перліна октава представляє собою один шар шуму на певному масштабі або частоті. Для створення складніших деталізованих візерунків, потрібно поєднати декілька октав шуму в різних масштабах і амплітудах. Цей процес називається «фрактальним шумом», ідея якого полягає в тому, щоб об'єднати разом кілька значень шуму на різних октавах, кожен з власними характеристиками (рис. А.196 а)-д)).

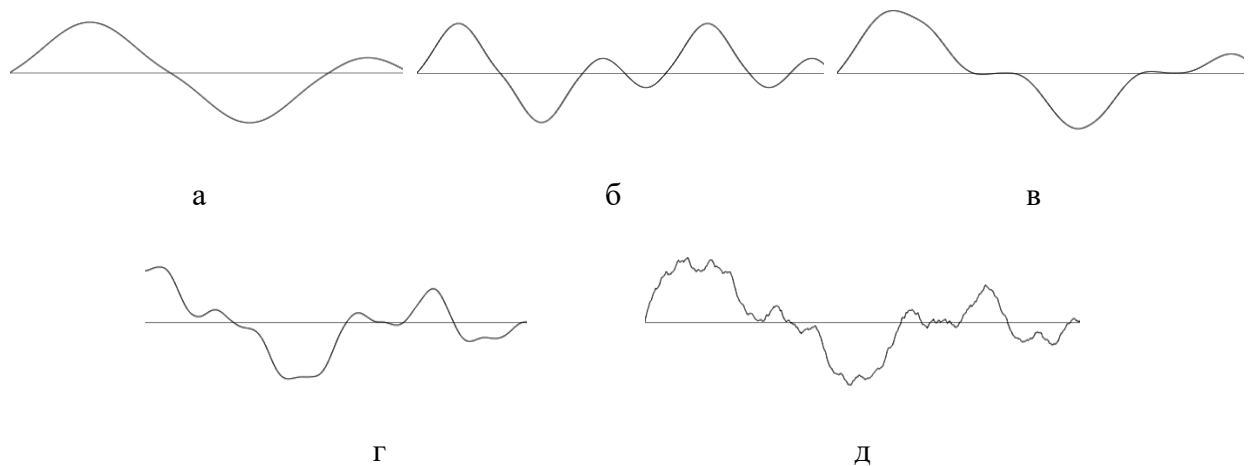


Рис. А.196. Генерація (а-б) та об'єднання (д) октав [94]

Також досить важливим для генерації є параметр лакураності – це поняття фрактальної геометрії, що позначає міру того як фрактал заповнює простір [94]. В розробленому Перліном алгоритмі це значення відображає коефіцієнт збільшення кількості клітин на згенерованих мапах відповідно до кількості октав.

Стійкість – параметр, що контролює коефіцієнт кореляції кожної наступної мапи на попередню, найчастіше він зменшується вдвічі.

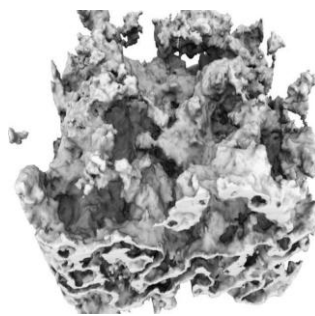


Рис. А.197. Приклад генерація 3D-об'єкта [94]

Багатовимірні функції шуму (4D, 5D тощо) використовуються у випадках, де важливі додаткові параметри. Наприклад, функція 4D шуму може представляти час як додатковий вимір для створення динамічної анімації або часових ефектів (time effects) [94].

Алгоритм генерації двовимірного шуму Перліна реалізується на основі сітки. Кожній точці сітки присвоюється отримане псевдовипадкове значення та вираховується вектор градієнта.

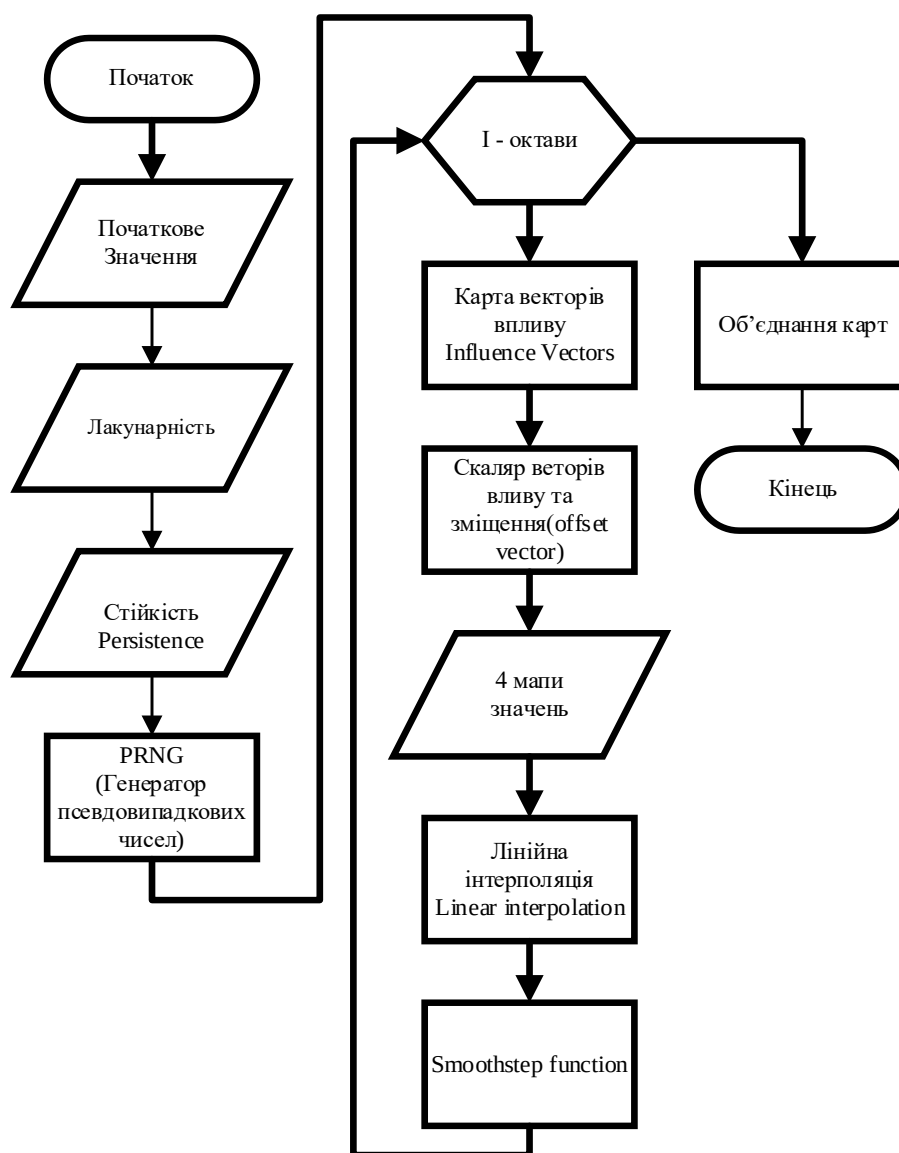
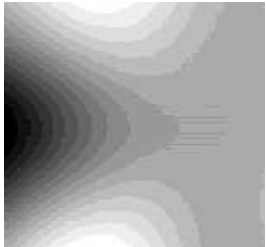
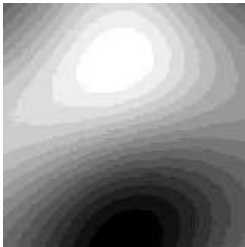
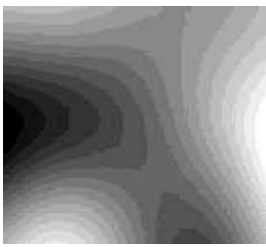
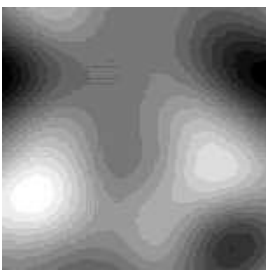
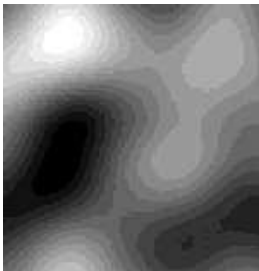
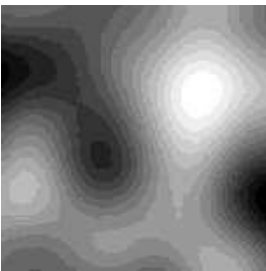
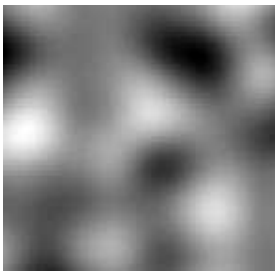


Рис. А.198. Блок–схема генерації шуму Перліна

Скалярний добуток всі векторів градієнта та зсуву утворює 4 мапи шумів для кожної октави. Шум Перліна використовує методи інтерполяції (лінійної, поліноміальної тощо) та функцію Smoothstep, щоб згладити значення шуму між точками сітки, це дозволяє отримати гладкі природні переходи між значеннями.

Таблиця А.15

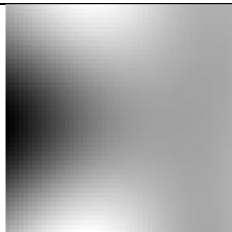
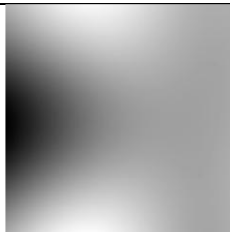
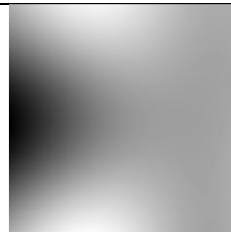
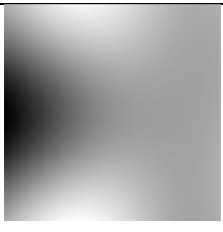
Результати генерації відповідно до заданих параметрів

Октави	Початкове значення (seed)		
	seed =1	seed =2	seed =3
1			
	11	12	13
2			
	21	22	23
3			
	31	32	33

Як можна побачити, параметр «seed» має значний вплив на генерацію текстури, в той час як параметр «октави» впливає кількість дрібних деталей. Висока роздільна здатність сітки (табл. 16) дозволяє згладити переходи між темними та світлими областями, що покращує візуальне сприйняття, але впливає на швидкість роботи алгоритму через зростання кількості обчислень необхідних для генерації текстур.

Таблиця А.16

Вплив параметру роздільної здатності сітки (x_{pin}, y_{pin})

50x50	100x100	250x250	500x500
			

Отримані текстури можна використовувати в Unreal Engine імпортувавши їх за допомогою кнопки «import» в контекстному меню.

Для накладання текстур на об'єкт використано нод «multiply», що виконує покомпонентне множення значень кольору між двома вхідними текстурами, одна з яких містить базовий колір матеріалу, а інша згенерований шумовий патерн. Комбінування текстур через множення дозволяє природно модулювати основний колір відповідно до значень шумової функції.

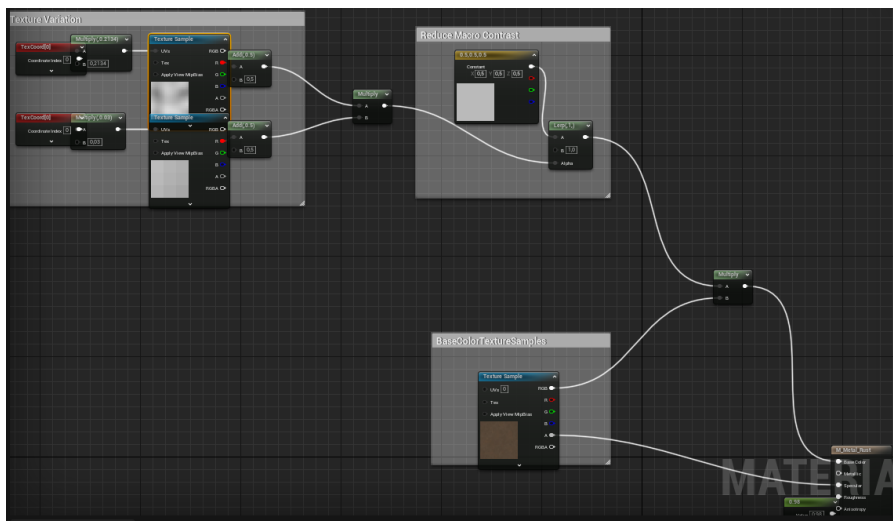
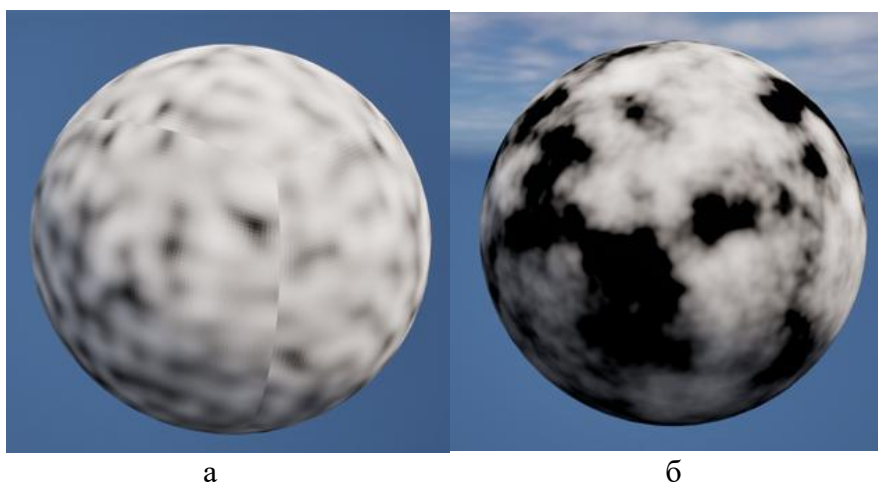


Рис. А.203. Приклад комбінування шуму з текстурою



а

б

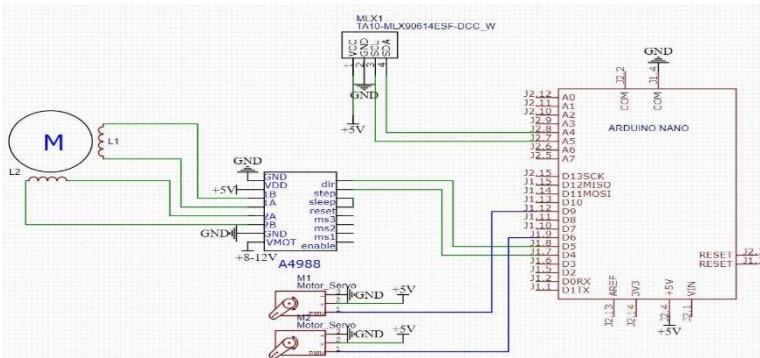
Рис. А.204. Зображення об'єкту сфера: а) – зі згенерованим за допомогою Python шумом; б) – згенерованим вбудованою функцією

Таблиця А.17

Приклад використання шумів на текстурах

Текстура	Текстури без використання шумів (стандартні матеріали)	Текстури з накладеними шумами
Іржі		
Трави		

На вищевказаних стандартних текстурах ліворуч можна відразу помітити повторювані патерни, що вказують на повторюваність та штучність зображення. Праворуч, отримані шляхом комбінації із шумом, текстури, що зберігають загальні відтінки базового кольору, але набувають складної шумової структури, що, в нашому випадку, імітує природню нерівномірність шару іржі на поверхні та різні градації кольору трав'яного покриву.



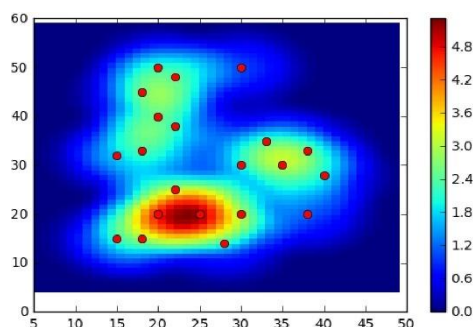


Рис. А.206. Приклад теплової карти при рівномірному скануванні обличчя

Таблиця А.18

Характеристики програмного забезпечення для смартфонів доступних на платформі цифрової дистрибуції Google Play на базі операційної системи Android

Назва програми	Розробник	Використання датчиків	Кількість завантажень	Рейтинг оцінок користувачів	Вартість
Polycam	Polycam	LiDAR	1 млн+	4,6	Умовно безкоштовна*
WIDAR	WOGO, Inc.	н/д	100 тис.+	3,8	Умовно безкоштовна*
MagiScan	AR Generation	н/д	100 тис.+	4,0	Безкоштовна
RealityScan	Epic Games International, S.à.r.l.	н/д	10 тис.+	4,0	Безкоштовна
KIRI Engine	KIRI Innovations	н/д	50 тис.+	3,0	Безкоштовна

* – має певні обмеження функціоналу, що стають доступними після придбання

Таблиця А.19

Характеристики програмного забезпечення для смартфонів доступних на платформі цифрової дистрибуції App Store на базі операційної системи iOS

Назва програми	Розробник	Використання датчиків	Рейтинг оцінок користувачів	Вартість
Polycam	Polycam Inc.	LiDAR	4.7	Безкоштовна
Scaniverse	Toolbox AI	LiDAR	4.8	Безкоштовна
3d Scanner App™	Laan Labs	н/д	4.7	Безкоштовна
MagiScan	ar-generation	LIDAR	4.6	Безкоштовна
Metascan	Abound Labs Inc.	LiDAR	4.6	Безкоштовна
Scandy Pro 3D Scanner	Scandy Inc.	н/д	4.3	Умовно безкоштовна*

* – має певні обмеження функціоналу, що стають доступними після придбання

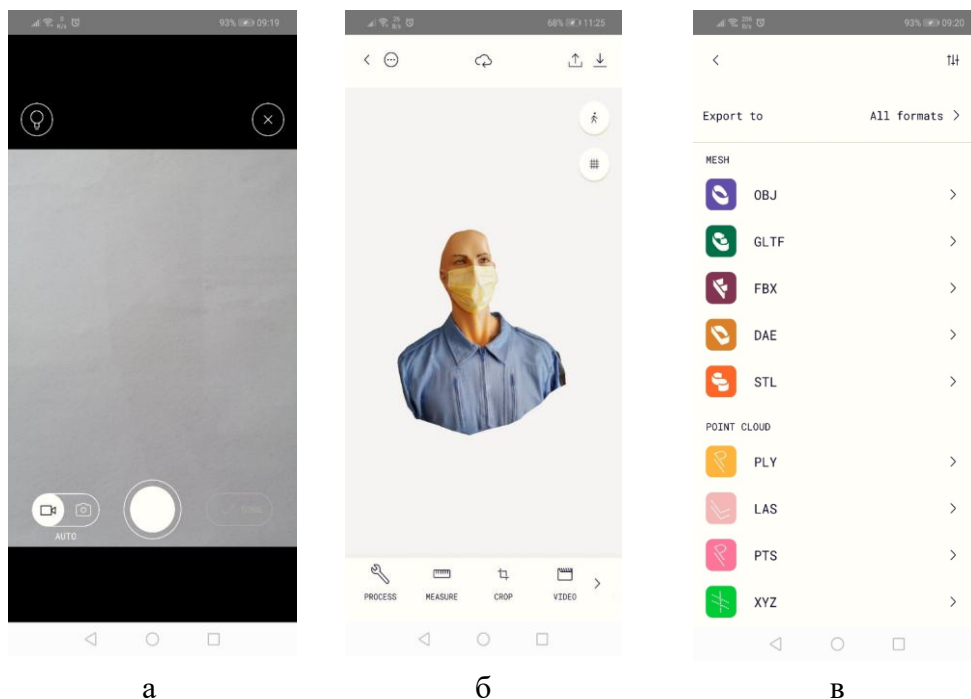


Рис. А.207. Робоче вікно (інтерфейс) додатку «Polusam» на етапі:
а – сканування, б – готові 3D-моделі,
в – вибір експортних форматів із меню

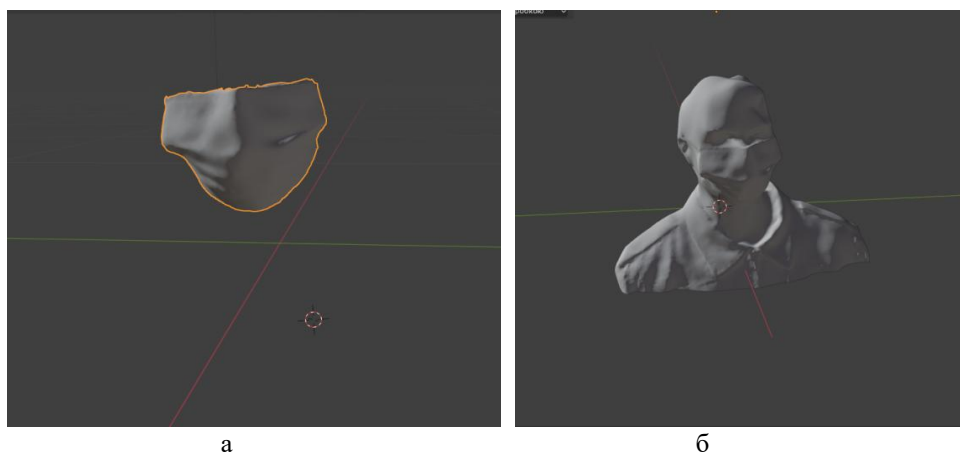


Рис. А.208. Робоче вікно (інтерфейс) програми «Blender» та об'єкт для редагування: а – хірургічна маска на обличчі;
б – відредагована 3D-модель – хірургічна

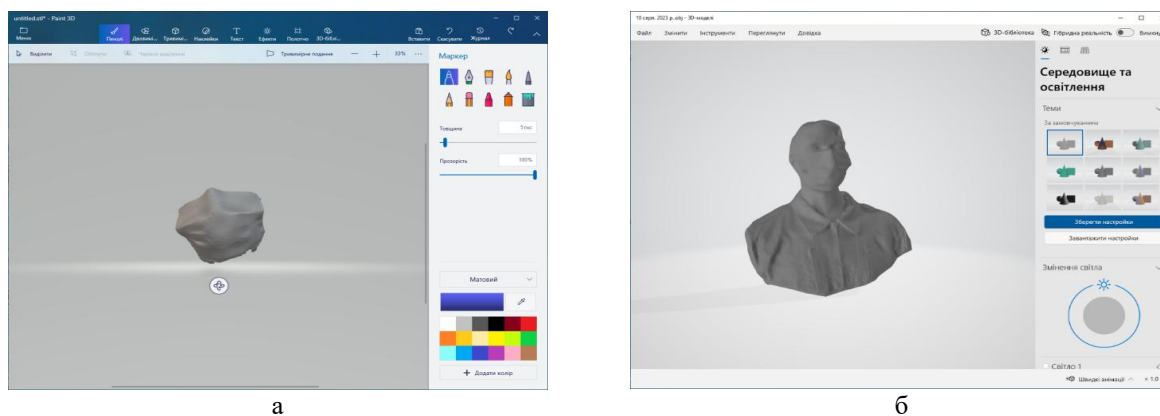


Рис. А.209. Робоче вікно Інтерфейс програми для візуалізації готових моделей:
а – маски на обличчі; б – маски



а



б



в



г



д



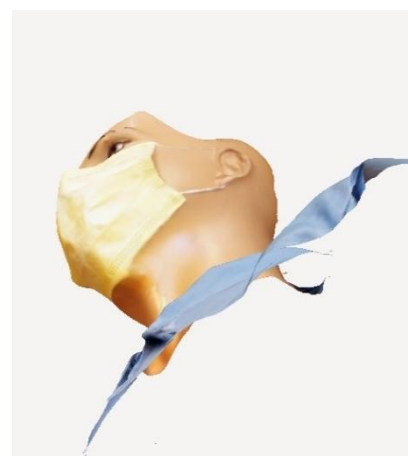
е



є



ж



з

Рис. А.210. 3D-модель хірургічної маски на манекені в різних проєкціях:
а – ліва краніальна, б – краніальна, в – права краніальна, г – права сагітальна,
д – фронтальна, е – ліва сагітальна, є – права субменто-вертикальна,
ж – субменто-вертикальна, з – ліва субменто-вертикальна

ДОДАТОК Б
АПРОБАЦІЯ ДИСЕРТАЦІЇ

***Статті у наукових виданнях,
включених до переліку наукових фахових видань України***

1. Хоперський С. В., Кузьменко В. В., Остапенко Н. В., Чумаченко С. М., Рєзніков Є. В. Екодизайн світлового середовища сучасного міста: формування підходів щодо удосконалення вимірювань освітлення міських об'єктів. *Art and Design*. 2022. № 4(19). С. 108–120. DOI: <https://doi.org/10.30857/2617-0272.2022.4.10>.
2. Кузьменко В. В., Остапенко Н. В. Проектування ергономічної захисної маски: візуалізація та вибір 3D-сканера й програмного забезпечення. *Art and Design*. 2024. № 3(27). С. 204–217. DOI: <https://doi.org/10.30857/2617-0272.2024.3.17>.
3. Олійник Г. М., Рубанка А. І., Мамченко Я. О., Остапенко Н. В., Кузьменко В. В. Текстильно-галантерейні вироби: асортимент, призначення та показники якості. *Art and Design*. 2024. № 3(27). С. 243–255. DOI: <https://doi.org/10.30857/2617-0272.2024.3.20>.
4. Антоненко І. В., Агліуллін Р. М., Вишневська О. В., Кузьменко В. В. Інтеграція космічних технологій у середовище українського архітектурного дизайну. *Art and Design*. 2024. № 4(28). С. 62–75. DOI: <https://doi.org/10.30857/2617-0272.2024.4.5>.
5. Кузьменко В. В., Остапенко Н. В. Дизайн захисних масок як елементу медичного одягу: історичні нотатки та систематизація сучасних різновидів. *Art and Design*. 2024. №4(28). С. 136–155. DOI: <https://doi.org/10.30857/2617-0272.2024.4.11>.
6. Kuzmenko V. V., Ostapenko N. V. Choosing a 3D scanner for the tasks of the designer. *Theory and practice of design. Culture and art*. 2024. No. 4(34). P. 344–351. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2024.34.37>.

Опубліковані праці апробаційного характеру

7. Кузьменко В. В., Костіков М. П. Побудова IoT-системи для інтелектуального керування температурою приміщення. *Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами*: матеріали VII Міжнародної науково-технічної Internet-конференції, 26 листопада 2020. Київ : НУХТ, 2020. С. 241. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/934a9612-ecc5-4a3a-8377-320f864dac10/content>.

8. Кузьменко В. В., Мошенський А. О. Апаратно-програмний комплекс для сканування теплових сигнатур обличчя та створення їх heatmaps. *Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами*: матеріали VIII Міжнародної науково-технічної Internet-конференції, м. Київ, 26 листопада 2021 р. Київ : НУХТ, 2021. С. 207-208. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/25c5d8d1-18ae-4e51-8b5b-9156f6033f59/content>.

9. Кузьменко В. В., Олещенко Л. М., Хоперський С. В., Чумаченко С. М. Моделювання екодизайну середовища сучасного міста: методи дослідження рівня освітленості. *Сучасні тенденції розвитку інформаційних систем і телекомунікаційних технологій* : наукові праці Четвертої міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 1-2 лютого 2022 р. Київ : НУХТ, 2022. С. 102-105. URL: http://kist.ntu.edu.ua/konferencii/31_konf_2022.pdf.

10. Кузьменко В. В., Хоперський С. В. Проблеми дистанційного вимірювання освітленості дорожньої смуги та вуличної інфраструктури міста. *Електромеханічні, інформаційні системи та нанотехнології*: матеріали Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції молодих учених та студентів, м. Київ, 18 листопада 2022 р. Київ : КНУТД, 2022. С. 56-59. URL: https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/23238/1/EMISN_2022_P056-059.pdf.

11. Остапенко Н. В., Рубанка А. І., Олійник Г.М., Мамченко Я. О., Кузьменко В. В., Варволік В. В. Інформаційна база складових елементів виробів спеціального та військового призначення. *Digital transformation and technologies for sustainable development all branches of modern education, science and practice*: International Scientific and Practical Conference Proceeding, January 26, 2023. International Academy Applied Sciences in Lomza (Poland); State Biotechnological University (Ukraine). Publishing house: MANS w Łomży, Lomza, Poland, 2023. Part 3. P. 85-91. URL: https://epec.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/25115/1/Ostapenko_Rubanka_Mamchenko_prac_3_2023-85-91.pdf.

12. Остапенко Н., Кузьменко В., Мамченко Я., Весела Ю. Обґрунтування вибору програмного забезпечення для сканування засобів індивідуального захисту органів дихання. *KyivTex&Fashion*: тези доповідей VII Міжнародної науково-практичної конференції текстильних та фешн-технологій, м. Київ, 19 жовтня 2023 р. Київ: КНУТД, 2023. С. 282-283. URL: https://labmv.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/25477/1/KyivTex%26Fashion_2023_P282-283.pdf.

13. Кисельов В. Б., Кузьменко В. В., Мошенський А. О. Генерація шумів за допомогою Python для Unreal Engine. *Практичні питання функціонування і відновлення об'єктів муніципальної інфраструктури та промисловості України в сучасних умовах*: матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Київ, 17 листопада 2023 р. Київ: ТНУ ім. Вернадського. 2023. С. 182-184. URL: <https://www.calameo.com/read/003168372749b97cf65cb>.

14. Новак Д. С., Кузьменко В. В. Зростаюча роль Python в дизайнерських робочих процесах. *Дизайн у просторі новітніх технологій*: збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 17-18 квітня 2024 р. Київ: НАУ, 2024. С. 23-24. URL: https://fgsa.nau.edu.ua/wp-content/uploads/2024/05/Tez_Des_24_V_c.pdf#page=24.

15. Остапенко Н. В., Кузьменко В. В., Мамченко Я. О., Рубанка А. І. Функціональні можливості симуляції текстильних виробів в Unreal Engine як альтернатива візуалізації в CLO3D. *Дизайн у просторі новітніх технологій*:

збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 17-18 квітня 2024 р. Київ : НАУ. 2024. С. 29. URL: https://fgsa.nau.edu.ua/wp-content/uploads/2024/05/Tez_Des_24_V_c.pdf#page=24.

16. Олійник Г., Рубанка А., Кузьменко В., Остапенко Н. Систематизація текстильно-галантерейних виробів. *Актуальні проблеми сучасного дизайну* : збірник матеріалів VI Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 25 квітня 2024 р. Київ : КНУТД, 2024. Т. 1. С. 348-351. URL: https://stud.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/28191/1/APSD_2024_V1_P348-351.pdf.

17. Остапенко Н. В., Кузьменко В. В., Мамченко Я. О. Корпоративний одяг як складова модного бізнесу у повоєнному відновленні. *Синергія науки і бізнесу у повоєнному відновленні регіонів України* : матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції, м. Херсон, 24-26 квітня 2024 р. Одеса : Олді+, 2024. Т. 1. С. 185-189. URL: https://labmv.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/28101/1/2024_1-5_186-190.pdf.

18. Кузьменко В. В., Мошенський А. О. Вибір дизайну захисного спорядження для використання в умовах НС або БД на основі симуляції за допомогою Unreal Engine. *Актуальні проблеми та інноваційні технології у сфері цивільного захисту та екологічної безпеки для повоєнного відновлення України*: збірник наукових праць Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 28-30 травня 2024 р. Київ НУХТ, 2024. С.267-275. URL: <https://drive.google.com/drive/folders/16iY1fsW43jiO5zdgXhZ2U1se9dMYCVw2>.

19. 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.

20. Kuzmenko V., Mamchenko Ya., Vesela Yu. Reaserching the Possibilities of Using Innovative Technologies in the Design of Protective Masks. *Technical*

Scientific Conference of Undergraduate, Master, PhD students, Technical University of Moldova: Conferința Tehnico-Științifică a Studenților, Masteranzilor și Doctoranzilor, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chisinau, Republic of Moldova, 27-29 martie, 2024, Vol. IV. P. 2163-2165. URL:
<https://repository.utm.md/bitstream/handle/5014/28362/Conf-TehStiint-UTM-StudMastDoct-2024-V4-p2163-2165.pdf?sequence=1>.

ДОДАТОК В

АКТ ВПРОВОДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з наукової та
міжнародної діяльності КНУТД

Людмила ГАНУЩАК-ЄФІМЕНКО

«13» 01 2025 р.

АКТ

про впровадження результатів дисертаційної роботи Кузьменко Володимира Володимировича в освітній процес Київського національного університету технологій та дизайну

Комісія у складі декана факультету мистецтв та моди д.т.н., проф. Остапенко Н.В., завідувача кафедри моди та стилю к.т.н., доц. Струмінської Т.В., професора кафедри моди та стилю, д.т.н., проф. Колосніченко М.В., професора кафедри моди та стилю, д. мист., проф. Колосніченко О.В., доцента кафедри моди та стилю, к.т.н., доц. Луцкер Т.В. встановила, що результати дисертаційної роботи Кузьменко В.В. на тему «Дизайн виробів для захисту органів дихання: інноваційні технології, сучасні матеріали» впроваджено у навчальний процес кафедри моди та стилю КНУТД.

Результати дисертаційної роботи використовуються у курсовому проєктуванні та для підготовки кваліфікаційних робіт другого (магістерського) рівня вищої освіти, при проведенні лекційних, практичних і лабораторних занять, а також для організації самостійної роботи для здобувачів освіти спеціальностей В2 Дизайн, G15 Технології легкої промисловості з дисциплін: «Комфортність і безпечність одягу», «Особливості проєктування товарів різного призначення», «Комплексне дизайн-проєктування», «Інноваційні технології в дизайні виробів» першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівнів вищої освіти, освітніх програм «Дизайн одягу», «Моделювання, конструювання та художнє оздоблення виробів легкої промисловості», дисципліни «Інтелектуальна власність та комерціалізація наукових досліджень» для здобувачів освітньо-наукової програми «Технології легкої промисловості».

Голова комісії:

д.т.н., проф. Наталія ОСТАПЕНКО

Члени комісії:

к.т.н., доц. Тетяна СТРУМІНСЬКА

д.т.н., проф. Марина КОЛОСНІЧЕНКО

д.мист. проф. Олена КОЛОСНІЧЕНКО

к.т.н., доц. Тетяна ЛУЦКЕР