

DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2025.72.451-465>

УДК 721.012:616

Мацола Василь Вікторович,*аспірант кафедри «Архітектурне проєктування та інженерія»**Національного університету «Львівська політехніка»*vasyl.v.matsola@lpnu.ua<http://orcid.org/0009-0002-7339-8841>**Соловій Любов Степанівна,***кандидат архітектури,**доцент кафедри «Архітектурне проєктування та інженерія»**Національного університету «Львівська політехніка»*liubov.s.solovii@lpnu.ua<http://orcid.org/0000-0002-1627-030X>

ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ФОРМУВАННЯ ЖИТЛА З ПІДВИЩЕНИМИ АНТИПАНДЕМІЧНИМИ ЯКОСТЯМИ

Анотація: у статті розглядаються актуальні питання, які виникли у світі внаслідок пандемії коронавірусу Covid-19, яка змусила переглянути те, як жити та будувати в майбутньому. Житлове середовище є однією з головних сфер поширення вірусів, оскільки в ньому люди перебувають більшу частину свого часу і знаходяться в тісному контакті з іншими людьми. Глобальні інфекційні захворювання вимагають створення нового типу житла, яке б було максимально несприятливим для поширення інфекцій. Для розуміння яким саме має бути антипандемічне житло необхідно дослідити способи передачі інфекції, щоб зрозуміти засоби контролю, які необхідно вжити для боротьби з інфекціями з точки зору архітектури. Адже пандемії впливають на архітектуру будинків в цілому та окремо, починаючи від житлової чарунки (квартири), будинку, кварталів, мікрорайонів, до формування цілих поселень.

Ключові слова: багатоквартирне житло; пандемія COVID-19; вентиляція; карантин; постпандемічне житло.

Постановка проблеми. Трапилася епідемія і тотальний карантин вже змінили наше життя. І виходячи з матеріалів і прогнозів пандемії нікуди не дінуться і на жаль на зміну одним приходять інші. Протягом останніх двадцяти років людство зіткнулось з майже постійними загрозами: вірус Західного Нілу, новий вірус грипу H1N1, SARS, MERS, вірус Ебола та вірус Зіка. Якщо ще додати постійні загрози стійкості до антибіотиків та біотероризму, стає зрозумілим, що інфекційні захворювання й надалі становитимуть значний ризик. Це означає, що потрібно реагувати на всі ці виклики та розробляти нові

планувальні та архітектурні рішення, щоб в майбутньому мати відчуття безпеки навіть в такий складний час. Відтак виникає питання, якими стануть будинки, щоб житло стало більш опірним проти поширення інфекційних захворювань? Під час епідемії багато людей інакше поглянули на свої будинки. Довге сидіння в квартирі під замком з іншими мешканцями і тваринами призвело до думки, що існуючий простір необхідно змінити в сторону більшого захисту від вірусів. Так що тепер гостро постало питання про *архітектуру безпеки*.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Адаптація є однією з сучасних концепцій організації житла і поширюється на пандемічну архітектуру. Феномен адаптації стосовно архітектури вивчався у працях: Буравченко С. [1] та Новаковський П. [2]. Сценарії, що мають на увазі статичну (передбачену) та динамічну (непередбачену) адаптацію архітектурних об'єктів. Дослідження Буравченко С. [3] підкреслює важливість створення умов для мінімізації контактів між мешканцями, що потребує перегляду планувальних рішень та впровадження нових технологій. Інші дослідження Потапчук І., Бичковська Л. [4] акцентують увагу на необхідності покращення Архітектура та містобудування 115 вентиляційних систем для запобігання поширенню вірусів у житлових приміщеннях. Пандемія підкреслила важливість зонування житлового простору. Відповідно до досліджень Кичко І. [5], виділення окремих зон для роботи, відпочинку, занять спортом та приготування їжі дозволяє створити більш комфортні умови для мешканців, які змушені проводити більше часу вдома. Нові підходи до планування мають враховувати можливість зменшення щільності заселення та створення умов для соціальної дистанції. Зменшення контактів між мешканцями можна досягти за рахунок впровадження безконтактних технологій. За даними досліджень Мурзабаєва К., Лапшина Є., Туякаєва А. [6], використання автоматичних дверей, сенсорних вимикачів та безконтактних систем доступу значно знижує ризик передачі інфекцій через поверхні. Це робить користування житловими приміщеннями більш безпечним. Впровадження сучасних технологій, таких як системи моніторингу стану здоров'я та смарт-домашні системи, можуть значно покращити безпеку та комфорт проживання.

Метою публікації є розгляд можливих шляхів передачі інфекційних захворювань та інженерно-технічних засобів, які доцільно застосувати для боротьби з пандеміями при створенні об'єктів архітектури.

Основна частина

Для того щоб зрозуміти, яке саме має бути антипандемічне житло потрібно дослідити шляхи передачі захворювання. Потрібно оцінити способи передачі інфекції, щоб зрозуміти засоби контролю, які необхідно вжити для боротьби з інфекціями з точки зору архітектури. Вірус може передаватися **краплинним та повітряно-крапельним шляхом**. Внутрішнє середовище або приміщення, такі

як термінали, лікарні, робочі місця, школи, офіси та житлові будинки, містять потенційно небезпечні забруднювачі. Як тільки дрібні мікроорганізми залишаються в атмосфері протягом тривалого часу, відбувається повітряно-крапельна передача, яка поширюється через повітряний потік, і може спричинити інфекції, коли люди вдихають потоки зараженого повітря [7]. Коронавірус може довше залишатися в атмосфері та вдихатися вразливими людьми, наприклад, разом з бактеріями, що викликають туберкульоз [9]. Вірус є obligatним дрібним (20–400 нм) паразитом. Оскільки віруси легко передаються, особливо в недостатньо провітрюваних і багатолюдних середовищах і приміщеннях, вони є поширеними причинами інфекційних захворювань, отриманих у приміщенні [8,10]. Краплинна передача відбувається, коли вірус переміщується відносно більшою дихальною краплею (>10 мкм), яку люди видихають, чхають або кашляють під час дихання, розмови або через головні дихальні шляхи [8]. Зазначається, що одне чхання або кашель у проходах, коридорах або вестибюлях може викидати багато крапель (до понад 38 000 крапель) зі швидкістю від 50 до 200 миль на годину. Кожна крапля несе мільйони мікробних частинок [8]. Повітряна передача відрізняється від крапельної передачі. Після виходу в повітря крапля долає невеликі відстані, коливається в межах 1-2 м, перш ніж осісти на поверхні, тоді як повітряна зберігається в повітрі протягом більш тривалого періоду і подорожує на більшу відстань [11].

Віруси передаються через воду. Інфекції, пов'язані з водою, класифікуються на чотири класи: пов'язані з водою, водні інфекції, інфекції, що промиваються водою, і інфекції, що передаються водою. Дієвим засобом збільшення кількості інфекційних носіїв серед великої частини населення є передача через воду. Існують різні водні механізми передачі інфекцій. Повідомляється, що величезна кількість кишкових мікробів може потрапляти у водне середовище через скидання відходів інфікованих людей (твердих або рідких) у відкриті водотоки. По-друге, інфекційні частинки від інфікованих людей, які прикуті до ліжка, можуть відігравати певну роль у передачі інфекцій, що передаються через воду, оскільки патогени в зараженому одязі та постільній білизні також можуть потрапляти у водні шляхи під час прання [12].

Також інфекції можуть передаватися через поверхню **або контактну передачу**, тобто від особи до особи шляхом непрямих або прямих контактів [13]. Прямі контакти означають розповсюдження інфекції від особи до особи через фізичні контакти між інфекційними агентами, такими як слизові оболонки, забруднені рукавички та руки або інфіковані люди [7]. Непрямі контакти виникають, коли чутливі люди піддаються впливу забруднених предметів. Деякі мікроорганізми можуть жити на поверхнях протягом певного періоду часу. Наприклад, COVID-19 може виживати на мідних поверхнях чотири години, на

пластикових — три дні, а на картонних — одну добу [11]. Наслідки полягають у тому, що контакт із такими об'єктами, як дверні ручки та поручні відразу після дотику інфікованих людей, може призвести до інфікування наступних людей [14]. Тим не менш, передача відбувається під час дотику до очей, рота та носа перед миттям рук [15].

Під час проєктування лікарень архітектори зобов'язані вживати запобіжних заходів для зменшення передачі інфекції. Це робиться шляхом класифікації та розподілу зон відповідно до можливостей передачі інфекції, потреби в лікуванні, зручності доступу, виділення коридорів, відокремлення випадків захворювання, виділення незалежних систем вентиляції та кондиціонування повітря тощо.

Інфіковані люди можуть бути заразними, і вірус може передаватися від них іншим особам. Лабораторні дані доводять про те, що інфіковані люди є найбільш заразними навіть перед тим, як у них з'являться симптоми (переважно за 2 дні до появи симптомів) і на початку захворювання. Люди, у яких розвивається тяжке захворювання, можуть бути заразними довший проміжок часу. Хоча та людина, котра ніколи не мала симптомів, може передавати вірус іншим, досі не зрозуміло, як це і наскільки часто це відбувається. Подальші дослідження тривають, для того щоб краще зрозуміти поширення вірусу, а також те, які параметри мають найбільший ризик і чому.

Інженерно-технічні засоби профілактики та контролю інфекцій

Архітектурні простори можуть сприяти пригніченню інфекційних захворювань, якщо вони концептуалізовані та розроблені з чіткими цілями. Флоренс Найтінгейл вперше експериментувала з цим, коли вона представила моделі медичних палат і заявила, що перехресна вентиляція та природне денне світло є важливими елементами для дезінфекції та мінімізації випадків інфекції в лікарнях. При адаптації лікарень, житлових, комерційних і домашніх приміщень для профілактики та контролю інфекцій нижче наведено деякі підходи до проєктування.

Природна та механічна вентиляція. Зволоження повітря

Вентиляція розглядається як рух повітря всередині простору, який зазвичай формується коливаннями тиску повітря. Метою вентиляції є видалення надмірного тепла, вологості та забруднюючих речовин із приміщень і заміна їх чистим повітрям, яке може задовольнити вимоги здоров'я та комфорту мешканців. Швидкість вентиляції, структура повітряного потоку та напрямок потоку є ключовими елементами проєктування належної вентиляції. Ці функції мають забезпечувати необхідний повітрообмін, коли чисте зовнішнє повітря вводиться в будівлю, а забруднене видаляється, і все це має відбуватись своєчасно. Відповідна швидкість вентиляції може ефективно зменшити ризики перехресного зараження повітряно-крапельним шляхом інфекцією в

громадських місцях і лікарнях [16]. Природна вентиляція може забезпечувати вищу швидкість вентиляції в енергозберігаючий спосіб, ніж примусова вентиляція за допомогою вентилятора або механічної вентиляції. У китайських лікарнях дослідження ізоляторів показали, що палати з більшою часткою природної вентиляції або повітряних просторів були визнані найкращими в профілактиці чуми SARS серед медичних працівників порівняно з іншими альтернативними прийомами [17]. 12 ОПГ (обмін повітря за годину) - це вимога CDC (центр з контролю та профілактики захворювань в США) до швидкості вентиляції. Ідея у тому, що ризики зараження будуть значно мінімізовані, якщо збільшити швидкість вентиляції.

В іншому дослідженні [16] вивчались зміни ризиків передачі туберкульозу в кімнатах очікування та консультації. При наближенні ризиків передачі туберкульозу для медичних працівників і пацієнтів результати показали середнє зниження на 72% (міжквартильний діапазон 51–82%). Тому хороша вентиляція може бути рішенням для боротьби з широким поширенням інфекційних захворювань, таких як коронавірус, у громадських місцях (офіси, школи та лікарні).

Згідно з даними, віруси краще почуваються в середовищі з низькою вологістю. Таким чином, будівлі можуть підвищити вологість, встановивши нові портативні зволожувачі по всьому об'єкту, щоб підтримувати відповідний діапазон від 40 до 60% [22]. Інший варіант полягає в налаштуванні процесів прибирання відповідно до потреб ситуації та збільшенні частоти прибирання, заздалегідь поповненні запасів засобів для прибирання (мила для рук, паперових рушників, дезінфікуючих засобів та ін.) [23].

Інсоляція приміщень

Відомо, що пряме сонячне світло вбиває мікроби в будівлях. Цю стратегію застосовували навіть у лікарнях і туберкульозних санаторіях. Висновки у звіті доктора Хобдая свідчать про те, що сонячне світло може допомогти запобігти поширенню інфекційних захворювань у будівлях. У той час як сонячне випромінювання може діяти як бактерицидний засіб для шкідливих мікроорганізмів, вплив сонячного світла також допомагає синхронізувати біологічне функціонування організму, покращуючи імунітет і стійкість до патогенів мешканців [24].

Одне з найвпливовіших відкриттів у фотобіології було зроблено в 1877 році британськими вченими Даунсом і Блантом, де вони продемонстрували, як сонячне світло відіграє роль у знешкодженні та пригніченні виживання та розвитку бактерій, які були тоді нещодавно відкриті. Вони помістили бактерії в різні умови, відповідно під пряме сонячне світло, непряме сонячне світло та темряву, і змогли спостерігати, що бактерії в темряві можуть процвітати, тоді як

бактерії, які піддаються впливу прямого ультрафіолетового світла, були загальмовані в зростанні.

У 1920-х роках, коли сонячне випромінювання було популярним, виробники виготовляли скло, яке пропускало більшу кількість УФ-випромінювання, ніж звичайне скло. Всесвітня організація охорони здоров'я також відносить сонячне світло до посібника з профілактики інфекцій у лікарнях. Крім того, згідно з інструкціями щодо здоровішого житла, зазначено, що туалети повинні бути забезпечені природним освітленням, в ідеалі з використанням спеціального скла з вищим УФ-проникненням [25].

Варто зазначити, що ультрафіолетове С є широко застосовуваним і найефективнішим ультрафіолетовим бактерицидним опроміненням (UVGI). На жаль, лише невелика кількість UVGI досягає поверхні Землі, оскільки озоновий шар поглинає його більшу частину [18,19,20,21]. Отже, має бути достатньо вікон, які пропускать сонячне світло на сходи, офісні коридори, кімнати та лікарняні палати як частину профілактики та контролю інфекцій. Проектування будинків із найкращим впливом зовнішнього повітря та денного світла може запобігти виживанню та передачі джерел інфекції, з подальшим покращенням здоров'я мешканців.

Оздоблювальні матеріали

Останні дослідження показали, що вірус поводить по-різному та здатний виживати протягом різних періодів часу залежно від поверхонь, з якими він контактує. Коронавірус здатний виживати до 3 днів на пластику та сталі, тоді як на губчастих тканинах, таких як бавовна, шкіра та картон, він менш стабільний і виживає менше 24 годин, а той самий штам виживає лише 4 години на мідних поверхнях. Відтак використання міді на таких поверхнях, як поручні сходів і поручні ліжка, може бути корисним для зменшення поширення вірусу [16]. Фактично, в останні роки дослідники пропагували використання міді для стримування поширення таких захворювань, як SARS та MERS. Антимікробні покриття все частіше використовуються на таких поверхнях, як дверні ручки, стільниці та стіни, щоб перешкоджати росту та поширенню вірусів. Промисловість також розвивалася відповідним чином, виробляючи альтернативи, такі як фарби та ґрунтовки, які додають агенти для знищення мікробів, або покриття, що містять органосилани, які утворюють високоабразивну поверхню для мікроорганізмів, ефективно розриваючи їх [26].

Важливим аспектом, який слід враховувати при проектуванні, є полегшення будь-яких процесів очищення. Дизайнерам слід уникати важкодоступних місць або тісних кутів. Поверхні з високим ступенем дотику та робочі поверхні не повинні мати надто складний дизайн і бути рівними та гладкими, щоб їх було легше чистити. Рекомендується використовувати непористі поверхні, такі як

сталь, кварц або коріан, оскільки вони не дозволяють накопичуватися волозі, частинкам їжі та мікробним спорам і їх легше дезінфікувати [27]. Інші стратегії включають автоматизацію входних дверей у місцях великого трафіку та використання датчиків руху для раковин, щоб усунути можливості передачі.

Адаптивність

З початком пандемії коронавірусу наші будинки, офіси та школи, можливо, потребуватимуть реконфігурації, перепрофілювання або навіть повністю переосмислення. У статті Джона Дейла «Чому нам знадобляться більш гнучкі будівлі в постковідну епоху» Джон Дейл висуває концепцію відкритої будівлі, яка створює постійні параметри, які дозволяють безперервні та поступові зміни, коли це необхідно. Це дозволить будівлям мати тривалий термін використання та адаптованість [28].

Важливо відзначити, що не всі особливості конструкції, розглянуті раніше, можуть бути ефективними в усіх ситуаціях. Наприклад, стратегічне розташування дверей і вікон для посилення повітряного потоку не може гарантувати належну вентиляцію, оскільки їх не можна тримати відкритими під час несприятливого клімату. Внутрішнє планування повинно бути гнучким відповідно до потреб мешканців. Щоб досягти «гнучкого будинку» та успішно створювати структури, які є більш адаптивними та універсальними, слід ретельно розглянути низку речей. По-перше, системи в будівлі мають бути розділені на різні рівні контролю, щоб кожен можна було змінювати незалежно, не впливаючи на інші. Конструктивні системи, які формують загальну будівлю, повинні мати потенціал для реконфігурації. Будівлі повинні дозволяти автономний контроль і прийняття рішень, щоб зміни були недорогими. Наприклад, стіни, які, можливо, потрібно буде змінити або забрати, не мають бути несучими і не повинні залежати від комунікацій. Сантехніка має бути зроблена таким чином, щоб її можна було змінювати, не заважаючи помешканням, що розташовані поруч [28].

Автоматизація

До недавнього часу домашня автоматизація була недоступною для більшості людей, оскільки пристрої були дорогими та вважалися предметом розкоші. Тепер вони стають доступнішими. Цифрові технології також дають багато переваг: автоматичне освітлення з використанням датчиків руху та автоматизовані системи дверних замків, якими можна дистанційно керувати [29]. З початком пандемії COVID 19 уявлення про дім змінилося, з'явилося розуміння важливості автоматизації для розширення сфери безконтактності [30]. COVID 19 став каталізатором створення нових програм та варіантів використання цифрових технологій [31]. Сформовані нові звички, такі як соціальне

дистанціювання, дистанційна робота та мінімальний контакт — все це можна полегшити за допомогою цифрових технологій.

ВИСНОВКИ

1. Комплексне застосування сучасних технологій вентиляції, дезінфекції, автоматизації та моніторингу може значно підвищити безпеку та здоров'я в житлових просторах.

2. Системи вентиляції та клімат-контролю, оснащені HEPA-фільтрами, демонструють високу ефективність у підтриманні якості повітря, водночас забезпечуючи комфортні умови проживання. Такі системи, разом з методами дезінфекції, включаючи УФ опромінювання та озонування, створюють багатоплановий захист проти мікроорганізмів, що особливо важливо у період пандемічних загроз.

3. Технології автоматизації та дистанційного керування, такі як системи "розумного будинку" та безконтактні рішення, не тільки спрощують повсякденне життя, але й знижують ризик поширення інфекцій через безпосередній контакт. Моніторинг якості повітря та інші параметри середовища забезпечують додатковий рівень контролю, дозволяючи своєчасно ідентифікувати та реагувати на будь-які негативні зміни.

4. Використання інженерно-технічних засобів у житлових просторах може відігравати ключову роль у забезпеченні здорового та безпечного середовища, особливо у контексті сучасних викликів громадського здоров'я.

Список літератури

1. Буравченко С. Адаптивні архітектурно-будівельні системи оптимізовані за сценаріями змін. Сучасні проблеми архітектури та містобудування. 2023. Вип. 65. С. 6–27. DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2023.65.6-27>

2. Nowakowski P. Functional and aesthetic aspects of modernization of large panel residential buildings. In: Charytonowicz J., Falcão C. (eds) Advances in human factors in architecture, sustainable urban planning and infrastructure. AHFE 2019. Advances in intelligent systems and computing. Cham: Springer, 2020. Vol. 966. P. 335–346. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-20151-7_32

3. Буравченко С.Г. Сценарні методи формування сталої архітектури багатоквартирних житлових будинків. Сучасні проблеми архітектури та містобудування. 2020. Вип. 56. С. 305–322. DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2020.56.305-322>

4. Потапчук І.В., Бичковська Л.С. Особливості проектування багатоповерхового житла в Україні та за кордоном: сучасні тенденції. Науковий

вісник будівництва. 2021. Том 104. №2. С. 86-94. DOI: <https://doi.org/10.29295/2311-7257-2021-104-2-86-94>

5. Кичко І.І. Житлове будівництво в Україні у контексті урбаністичних та демографічних змін. Демографія та соціальна економіка. 2021. Том 45. №3. С.155–168. DOI: <https://doi.org/10.15407/dse2021.03.155>

6. Murzabayeva K., Lapshina E., Tuyakayeva A. Modernization of the living environment space using the example of an urban array of residential buildings from the Soviet period in Almaty. Buildings. 2022. Vol. 12, No. 7. P. 1042. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings12071042>

7. Lateef F. Hospital design for better infection control. Journal of Emergencies, Trauma, and Shock. 2009. Vol. 2, No. 3. P. 175–179. DOI: <https://doi.org/10.4103/0974-2700.55329>

8. La Rosa G., Fratini M., Della Libera S., Iaconelli M., Muscillo M. Viral infections acquired indoors through airborne, droplet or contact transmission. Annali dell'Istituto Superiore di Sanità. 2013. Vol. 49, No. 2. P. 124–132. DOI: https://doi.org/10.4415/ANN_13_02_03

9. Verreault D., Moineau S., Duchaine C. Methods for sampling of airborne viruses. Microbiology and Molecular Biology Reviews. 2008. Vol. 72, No. 3. P. 413–444. DOI: <https://doi.org/10.1128/MMBR.00002-08>

10. Barker J., Stevens D., Bloomfield S. F. Spread and prevention of some common viral infections in community facilities and domestic homes. Journal of Applied Microbiology. 2001. Vol. 91, No. 1. P. 7–21. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2001.01364.x>

11. van Doremalen, N., Bushmaker, T., Morris, D. H., Holbrook, M. G., Gamble, A., Williamson, B. N., Tamin, A., Harcourt, J. L., Thornburg, N. J., Gerber, S. I., Lloyd-Smith, J. O., de Wit, E., & Munster, V. J. Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. The New England Journal of Medicine, 2020, 382(16), 1564–1567. DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJMc2004973>

12. Moe C. L. Waterborne transmission of infectious agents. In: Hurst C. J., Crawford R. L., Garland J. L., Lipson D. A., Mills A. L., Stetzenbach L. D. (eds.). Manual of environmental microbiology. 3rd ed. ASM Press, 2007. Chapter 19. DOI: <https://doi.org/10.1128/9781555815882.ch19>

13. Melegaro A., Jit M., Gay N., Zagheni E., Edmunds W. J. What types of contacts are important for the spread of infections? Using contact survey data to explore European mixing patterns. Epidemics, 2011, Vol. 3, Issues 3–4, pp. 143–151. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.epidem.2011.04.001>

14. Lewis D. COVID-19 rarely spreads through surfaces. So why are we still deep cleaning? Nature. 2021. Vol. 590, no. 7844. P. 26–28. DOI: <https://doi.org/10.1038/d41586-021-00251-4>

15. Rahman H. S., Aziz M. S., Hussein R. H., Othman H. H., Salih Omer S. H., Khalid E. S., Abdulrahman N. A., Amin K., Abdullah R. The transmission modes and sources of COVID-19: A systematic review. *IJS Open*. 2020. Vol. 26. P. 125–136. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijso.2020.08.017>
16. Emmanuel U., Osondu E. D., Kalu K. C. Architectural design strategies for infection prevention and control (IPC) in health-care facilities: Towards curbing the spread of COVID-19. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*. 2020. Vol. 18. P. 1699–1707. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40201-020-00580-y>
17. Jiang S., Huang L., Chen X., Wang J., Wu W., Yin S., Chen W., Zhan J., Yan L., Ma L., Li J., Huang Z. Ventilation of wards and nosocomial outbreak of severe acute respiratory syndrome among healthcare workers. *Chinese Medical Journal*. 2003. Vol. 116, No. 9. P. 1293–1297. URL: <https://mednexus.org/doi/epdf/10.3760/cma.j.issn.0366-6999.2003.09.103>
18. Lytle C. D., Sagripanti J. Predicted inactivation of viruses of relevance to biodefense by solar radiation. *Journal of Virology*. 2005. Vol. 79, No. 22. P. 14244–14252. DOI: <https://doi.org/10.1128/JVI.79.22.14244-14252.2005>
19. Rauth A. M. The physical state of viral nucleic acid and the sensitivity of viruses to ultraviolet light. *Biophysical Journal*. 1965. Vol. 5, No. 3. P. 257–273. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0006-3495\(65\)86715-7](https://doi.org/10.1016/S0006-3495(65)86715-7)
20. Seyer A., Sanlidag T. Solar ultraviolet radiation sensitivity of SARS-CoV-2. *The Lancet Microbe*. 2020. Vol. 1, No. 1. P. E8–E9. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2666-5247\(20\)30013-6](https://doi.org/10.1016/S2666-5247(20)30013-6)
21. Monteith J.L., Unsworth M.H. Principles of environmental physics: Plants, animals, and the atmosphere. 4th ed. Amsterdam: Academic Press, 2013. 401 p. URL: <https://denning.atmos.colostate.edu/readings/Monteith.and.Unsworth.4thEd.pdf>
22. Reiman J.M., Das B., Sindberg G.M., Urban M.D., Hammerlund M.E.M., Lee H.B., Spring K.M., Lyman-Gingerich J., Generous A.R., Koep T.H., Ewing K., Lilja P., Enders F.T., Ekker S.C., Huskins W.C., Fadel H.J., Pierret C. Humidity as a non-pharmaceutical intervention for influenza A. *PLoS One*, 2018, 13(9), e0204337. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204337>
23. Tuladhar E., Hazeleger W.C., Koopmans M., Zwietering M.H., Beumer R.R., Duizer E. Residual viral and bacterial contamination of surfaces after cleaning and disinfection. *Applied and Environmental Microbiology*, 2012, 78(21), 7769–7775. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.02144-12>
24. Kubba S. Chapter 7 – Indoor environmental quality. In: *Handbook of green building design and construction*. Elsevier, 2012, pp. 313–360. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385128-4.00007-X>
25. Rucka M., Wojtczak E., Knak M., Kurpińska M. Characterization of fracture process in polyolefin fibre-reinforced concrete using ultrasonic waves and digital

image correlation. *Construction and Building Materials*, 2021, 280, 122522. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122522>

26. Brownell B. Materials and coatings that reduce surface transmission of bacteria and viruses. *Architect Magazine*, 26.03.2020. URL: https://www.architectmagazine.com/technology/materials-and-coatings-that-reduce-surface-transmission-of-bacteria-and-viruses_o (дата звернення: 01.05.2025).

27. Spolidoro B. How architecture can defend us from germs, bacteria, and viruses like COVID-19. *Work Design Magazine*, 29.05.2020. URL: <https://www.workdesign.com/2020/05/healthy-buildings-how-architecture-can-defend-us-from-covid-19/> (дата звернення: 01.05.2025).

28. Dale J. Why we'll need more flexible buildings in the post-Covid era. *Common Edge*, 30.08.2020. URL: <https://commonedge.org/why-well-need-more-flexible-buildings-in-the-post-covid-era/> (дата звернення: 01.05.2025).

29. Habas C. What are the benefits of home automation? *SafeWise*, 21.10.2022. URL: <https://www.safewise.com/faq/home-automation/home-automation-benefits/> (дата звернення: 01.05.2025).

30. Virgil A. Will home automation become the standard after COVID-19? *Wray Ward*, 23.06.2020. URL: <https://www.wrayward.com/articles/home-automation-standard-covid-19> (дата звернення: 01.05.2025).

31. Umair M., Cheema M. A., Cheema O., Li H., Lu H. Impact of COVID-19 on IoT adoption in healthcare, smart homes, smart buildings, smart cities, transportation and industrial IoT. *Sensors*, 2021, vol. 21, no. 11, p. 3838. DOI: <https://doi.org/10.3390/s21113838>

References

1. Burachenko, S. (2023). Adaptive architectural and construction systems optimized for change scenarios. *Current Problems of Architecture and Urban Planning*, (65), 6–27. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2023.65.6-27> (in Ukrainian)

2. Nowakowski, P. (2020). Functional and aesthetic aspects of modernization of large panel residential buildings. In J. Charytonowicz & C. Falcão (Eds.), *Advances in human factors in architecture, sustainable urban planning and infrastructure*. AHFE 2019. *Advances in intelligent systems and computing* (Vol. 966), 335–346. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20151-7_32 (in English)

3. Buravchenko, S. (2020). Scenario methods for forming sustainable architecture of apartment buildings. *Current Problems of Architecture and Urban Planning*, (56), 305–322. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2020.56.305-322> (in Ukrainian)

4. Potapchuk, I. V., Bychkovska, L. S. (2021). Features of design of multi-storey housing in Ukraine and abroad: modern trends. *Scientific Bulletin of Construction*, 104(2), 86–94. <https://doi.org/10.29295/2311-7257-2021-104-2-86-94> (in Ukrainian)
5. Kychko, I.I. (2021). Urban processes in Ukraine in the context of housing and demographic change. *Demography and Social Economy*, 45(3), 155–168. <https://doi.org/10.15407/dse2021.03.155> (in Ukrainian)
6. Murzabayeva, K., Lapshina, E., & Tuyakayeva, A. (2022). Modernization of the Living Environment Space Using the Example of an Urban Array of Residential Buildings from the Soviet Period in Almaty. *Buildings*, 12(7), 1042. <https://doi.org/10.3390/buildings12071042> (in English)
7. Lateef, F. (2009). Hospital design for better infection control. *Journal of Emergencies, Trauma, and Shock*, 2(3), 175–179. <https://doi.org/10.4103/0974-2700.55329> (in English)
8. La Rosa, G., Fratini, M., Della Libera, S., Iaconelli, M., & Muscillo, M. (2013). Viral infections acquired indoors through airborne, droplet or contact transmission. *Annali dell'Istituto Superiore di Sanità*, 49(2), 124–132. https://doi.org/10.4415/ANN_13_02_03 (in English)
9. Verreault, D., Moineau, S., & Duchaine, C. (2008). Methods for sampling of airborne viruses. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 72(3), 413–444. <https://doi.org/10.1128/MMBR.00002-08> (in English)
10. Barker, J., Stevens, D., & Bloomfield, S. F. (2001). Spread and prevention of some common viral infections in community facilities and domestic homes. *Journal of Applied Microbiology*, 91(1), 7–21. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2001.01364.x> (in English)
11. van Doremalen, N., Bushmaker, T., Morris, D. H., Holbrook, M. G., Gamble, A., Williamson, B. N., Tamin, A., Harcourt, J. L., Thornburg, N. J., Gerber, S. I., Lloyd-Smith, J. O., de Wit, E., & Munster, V. J. (2020). Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. *The New England Journal of Medicine*, 382(16), 1564–1567. <https://doi.org/10.1056/NEJMc2004973> (in English)
12. Moe, C. L. (2007). Waterborne transmission of infectious agents. In C. J. Hurst, R. L. Crawford, J. L. Garland, D. A. Lipson, A. L. Mills, & L. D. Stetzenbach (Eds.), *Manual of environmental microbiology* (3rd ed., Chapter 19). ASM Press. <https://doi.org/10.1128/9781555815882.ch19> (in English)
13. Melegaro, A., Jit, M., Gay, N., Zagheni, E., & Edmunds, W. J. (2011). What types of contacts are important for the spread of infections? Using contact survey data to explore European mixing patterns. *Epidemics*, 3(3–4), 143–151. <https://doi.org/10.1016/j.epidem.2011.04.001> (in English)

14. Lewis, D. (2021). COVID-19 rarely spreads through surfaces. So why are we still deep cleaning? *Nature*, 590(7844), 26–28. <https://doi.org/10.1038/d41586-021-00251-4> (in English)
15. Rahman, H. S., Aziz, M. S., Hussein, R. H., Othman, H. H., Salih Omer, S. H., Khalid, E. S., Abdulrahman, N. A., Amin, K., & Abdullah, R. (2020). The transmission modes and sources of COVID-19: A systematic review. *IJS Open*, 26, 125–136. <https://doi.org/10.1016/j.ijso.2020.08.017> (in English)
16. Emmanuel, U., Osondu, E. D., & Kalu, K. C. (2020). Architectural design strategies for infection prevention and control (IPC) in health-care facilities: Towards curbing the spread of COVID-19. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 18, 1699–1707. <https://doi.org/10.1007/s40201-020-00580-y> (in English)
17. Jiang, S., Huang, L., Chen, X., Wang, J., Wu, W., Yin, S., Chen, W., Zhan, J., Yan, L., Ma, L., Li, J., & Huang, Z. (2003). Ventilation of wards and nosocomial outbreak of severe acute respiratory syndrome among healthcare workers. *Chinese Medical Journal*, 116(9), 1293–1297. <https://mednexus.org/doi/epdf/10.3760/cma.j.issn.0366-6999.2003.09.103> (in English)
18. Lytle, C. D., & Sagripanti, J. (2005). Predicted inactivation of viruses of relevance to biodefense by solar radiation. *Journal of Virology*, 79(22), 14244–14252. <https://doi.org/10.1128/JVI.79.22.14244-14252.2005> (in English)
19. Rauth, A. M. (1965). The physical state of viral nucleic acid and the sensitivity of viruses to ultraviolet light. *Biophysical Journal*, 5(3), 257–273. [https://doi.org/10.1016/S0006-3495\(65\)86715-7](https://doi.org/10.1016/S0006-3495(65)86715-7) (in English)
20. Seyer, A., & Sanlidag, T. (2020). Solar ultraviolet radiation sensitivity of SARS-CoV-2. *The Lancet Microbe*, 1(1), E8–E9. [https://doi.org/10.1016/S2666-5247\(20\)30013-6](https://doi.org/10.1016/S2666-5247(20)30013-6) (in English)
21. Monteith, J. L., & Unsworth, M. H. (2013). *Principles of environmental physics: Plants, animals, and the atmosphere* (4th ed.). Academic Press. <https://denning.atmos.colostate.edu/readings/Monteith.and.Unsworth.4thEd.pdf> (in English)
22. Reiman, J. M., Das, B., Sindberg, G. M., Urban, M. D., Hammerlund, M. E. M., Lee, H. B., Spring, K. M., Lyman-Gingerich, J., Generous, A. R., Koep, T. H., Ewing, K., Lilja, P., Enders, F. T., Ekker, S. C., Huskins, W. C., Fadel, H. J., & Pierret, C. (2018). Humidity as a non-pharmaceutical intervention for influenza A. *PLoS One*, 13(9), e0204337. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204337> (in English)
23. Tuladhar, E., Hazeleger, W. C., Koopmans, M., Zwietering, M. H., Beumer, R. R., & Duizer, E. (2012). Residual viral and bacterial contamination of surfaces after cleaning and disinfection. *Applied and Environmental Microbiology*, 78(21), 7769–7775. <https://doi.org/10.1128/AEM.02144-12> (in English)

24. Kubba, S. (2012). Chapter 7 – Indoor environmental quality. In Handbook of green building design and construction (pp. 313–360). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385128-4.00007-X> (in English)
25. Rucka, M., Wojtczak, E., Knak, M., & Kurpińska, M. (2021). Characterization of fracture process in polyolefin fibre-reinforced concrete using ultrasonic waves and digital image correlation. Construction and Building Materials, 280, 122522. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122522> (in English)
26. Brownell, B. (2020, March 26). Materials and coatings that reduce surface transmission of bacteria and viruses. Architect Magazine. https://www.architectmagazine.com/technology/materials-and-coatings-that-reduce-surface-transmission-of-bacteria-and-viruses_o (Accessed: May 1, 2025) (in English)
27. Spolidoro, B. (2020, May 29). How architecture can defend us from germs, bacteria, and viruses like COVID-19. Work Design Magazine. <https://www.workdesign.com/2020/05/healthy-buildings-how-architecture-can-defend-us-from-covid-19/> (Accessed: May 1, 2025) (in English)
28. Dale, J. (2020, August 30). Why we'll need more flexible buildings in the post-Covid era. Common Edge. <https://commonedge.org/why-well-need-more-flexible-buildings-in-the-post-covid-era/> (Accessed: May 1, 2025) (in English)
29. Habas, C. (2022, October 21). What are the benefits of home automation? SafeWise. <https://www.safewise.com/faq/home-automation/home-automation-benefits/> (Accessed: May 1, 2025) (in English)
30. Virgil, A. (2020, June 23). Will home automation become the standard after COVID-19? Wray Ward. <https://www.wrayward.com/articles/home-automation-standard-covid-19> (Accessed: May 1, 2025) (in English)
31. Umair, M., Cheema, M. A., Cheema, O., Li, H., & Lu, H. (2021). Impact of COVID-19 on IoT Adoption in Healthcare, Smart Homes, Smart Buildings, Smart Cities, Transportation and Industrial IoT. Sensors, 21(11), 3838. <https://doi.org/10.3390/s21113838> (in English)

Abstract

Vasyl Matsola, Postgraduate Student of Department of Architectural Design and Engineering. Lviv Polytechnic National University

Liubov Solovii, PhD in Architecture, Associate Professor of Department of Architectural Design and Engineering. Lviv Polytechnic National University

Engineering and technical means of forming housing with enhanced anti-pandemic qualities

In this article, to better understand what anti-pandemic housing should be like, we need to investigate the routes of disease transmission. It is necessary to evaluate the

modes of infection transmission in order to understand the controls that need to be taken to combat infections from an architectural perspective. The virus can be transmitted by droplet and airborne transmission. Viruses are also transmitted through water. Water-related infections are classified into four classes: water-related, water-borne infections, water-washed infections, and water-borne infections [7]. Infections can also be transmitted through surface or contact transmission, that is, from person to person through indirect or direct contact [10]. A summary of the results of previous studies that highlighted aspects of the development of residential architecture under the influence of pandemics was an introduction to the Covid-19 virus. The prerequisites for its occurrence, transmission routes, and effective ways to combat it were mentioned. The most common pandemics of past centuries are also mentioned and what impact they had on subsequent changes in architecture and design. Recommendations for designing housing with increased anti-pandemic qualities are proposed. The world has completely rebooted. Covid-19 has changed our lives once and for all, forcing us to reconsider how we will live and build in the future. In difficult times, the spectrum of residential design has always adapted to certain needs. The pandemic is accelerating expectations for changes in our homes and the ways in which residential complexes are designed. It is important to recognize that new infectious diseases will require unique design and architectural solutions and changes in the design of new comfortable housing. Designers offer new concepts and approaches to designing residential buildings after the pandemic, taking into account the growing needs of people. Designers strive to create houses that can be adapted for additional activities and services, as housing has begun to play a vital role in our lives. The article examines the current problems that have arisen in the world as a result of the coronavirus pandemic. After all, pandemics affect the architecture of buildings as a whole and individually, starting from a residential unit (apartment), house, blocks, neighborhoods, to the formation of entire settlements. Impact on the environment, everyday life, transport, etc.

Keywords: multi-apartment housing; COVID-19 pandemic; ventilation; quarantine; post-pandemic housing.