

УДК 004.358:656.7.072.5(COVID-19)(045)  
DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.2-2/30>

**Мединський Д.В.**

[orcid.org/0000-0002-8081-8712](https://orcid.org/0000-0002-8081-8712)

Національний авіаційний університет

**Шевченко Ю.В.**

[orcid.org/0000-0001-6033-2339](https://orcid.org/0000-0001-6033-2339)

Національний авіаційний університет

## ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОЦІНКИ ВПЛИВУ ЗАХОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОТИ ЗАПОБІГАННЯ SARS-COV-2 НА ПРИКЛАДІ АВІАЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З КРАЇНОЮ, ВІЛЬНОЮ ВІД ВИПАДКІВ COVID-19

*Пандемія COVID-19 мала значний міжнародний вплив на здоров'я протягом 2020 року – 107 млн випадків та 2,3 млн смертей у всьому світі до 31 грудня (1). У багатьох країнах застосовується прикордонний контроль для обмеження поширення пандемії, у зв'язку із цим помітно зменшилися міжнародні поїздки. Скорочення подорожей сприяло несприятливим економічним та соціальним наслідкам для країн шляхом зменшення ділової взаємодії, туризму та пересування іноземних студентів. Необхідно оцінити ризик спалахів COVID-19, пов'язаних із авіап перевезеннями від країни з дуже низьким рівнем поширеності інфекції COVID-19 (Україна) до тимчасово окупованої території, вільної від COVID-19 (АР Крим), поряд із можливим впливом різних заходів контролю для пасажирів та екіпажу повітряного корабля. Використана стохастична версія моделі SEIR CovidSIM v1.1, розроблена спеціально для COVID-19. Версія була заповнена даними для обох країн та параметрами для SARS-CoV-2, заходами передачі та контролю. Ми передбачали один рейс Київ – Сімферополь на день. Однак комбіноване використання виходу та входу до аеропорту (показник симптомів та термокамера), маски в літаку та два тести ПЛР (на 3 і 12 день) в АР Крим у поєднанні із самозвітанням симптомів та відстеженням контактів із використанням маски до другого тесту ПЛР зменшили цей ризик до одного спалаху на кожні 29,8% населення (від 0,8 до 110). Якщо ПЛР-тестування не проводилось, але відбувалося використання маски пасажиром на протязі 15 днів в АР Крим, то ризик становив один спалах кожні 14,1% населення. Однак 14-денний карантин (практика АР Крим у червні 2020 р.) був найефективнішою стратегією при одному спалаху кожні 34,1% населення (від 0,86 до 126); хоча і в поєднанні з виїзним екрануванням та використанням маски під час польотів. Можна вимагати безліч засобів від пасажирів, щоб помітно зменшити ризик вірусу пандемії до країни, вільної від COVID-19, повітряним транспортом, але є потенціал для заміни 14-денного карантину на тестування ПЛР вимогою, пов'язаною із використанням масок пасажиром в АР Крим. Однак усі підходи вимагають постійного ретельного аналізу та оптимізації влади на місцях.*

**Ключові слова:** пандемія, пасажир, повітряний корабель, тестування, члени екіпажу, імітаційна модель, безпека.

**Постановка проблеми.** Пандемія COVID-19 мала значний міжнародний вплив на здоров'я громадян протягом 2020 року – 107 млн випадків та 2,3 млн смертей у всьому світі станом на 31 січня 2021 року [1].

АР Крим – один із небагатьох регіонів, який скасував передачу SARS-CoV-2 пандемічний вірус у його межах відповідно до мети, яку він прийняв для припинення розповсюдження інфекції [2]. Тим не менше подорож без карантину між двома країнами є метою, передбаченою урядом України та

тимчасовим керівництвом окупованої території АР Крим [3]. Такий підхід обговорювали лідери країн СНД та домовилися, що кожен починає полегшувати ситуацію з обмеження, які вони могли б використати на низькому етапі рівні зараження шляхом створення безпечних туристичних зон [4].

Тим не менше такі подорожі можуть бути більш вірогідними між Україною та країнами Чорноморського узбережжя, які успішно ліквідували COVID-19 (наприклад, як заявила Грузія) або які змогли повністю утримати це завдяки суворому

прикордонному контролю (наприклад, Вірменія, Казахстан та Туркменістан).

Ще однією подією стало те, що багато великих авіакомпаній також застосовують процедури для вдосконалення безпеки на рейсах для зменшення ризику передачі SARS-CoV-2. До цих процедур входить фізичне дистанціювання та вимоги до носіння масок пасажиром та екіпажем повітряного корабля [5].

Необхідно оцінити ризик спалахів COVID-19, пов'язаних із збільшення авіаперевезень з України до АР Крим, разом із можливим впливом різних видів контролю та заходів, які можуть бути використані для мінімізації ризику спалахів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Складність дослідження процесу поширення вірусної інфекції на повітряному кораблі суттєво ускладнює розв'язання поставлених завдань перед науковцями. Питання дослідження впливу розповсюдження вірусу в замкненому просторі розглядалися науковцями у працях [5; 6]. У дослідженнях [3] науковцями розглянуто підходи щодо ідентифікації контактної особи після завершення рейсу та повернення до стерильної зони.

Стислий аналіз публікацій за напрямом дослідження вказує на необхідність проведення детальнішого аналізу щодо виявлення та розповсюдження інфекції у закритих приміщеннях та подальшого узагальнення результатів.

**Постановка завдання. Мета статті** – розглянути можливість скорочення подорожей під час пандемії за несприятливих економічних умов на прикладі імітаційного моделювання із країною, вільною від зони поширення COVID-19. Під час дослідження оцінити ймовірні ризики зараження екіпажу повітряного корабля з урахуванням різних заходів контролю щодо забезпечення від вірусної інфекції. Спростувати теорію щодо заміни карантинних обмежень засобами та методами індивідуального захисту на противагу тестуванню ПЛР та аналізу на наявність антитіл до штаму корона вірусної інфекції для безпечної поїздки авіатранспортом.

**Виклад основного матеріалу.** Конструкція моделі та параметри для SARS-CoV-2 та COVID-19.

Ми використовували стохастичний тип SEIR-модель із ключовими відділеннями для: сприйнятливого [S], опроміненого [E], інфікованого [I] та відновленого/ видаленого [R]. Модель є стохастичною версією Covid SIM.

Модель була побудована в Паскалі, було виконано 100 мільйонів моделювань для кожного

набору значень параметрів. Така велика кількість моделювань була необхідною через високу ймовірність нульових заражених осіб у даному польоті та з низькою поширеністю інфекції в АР Крим.

Параметри базувалися на доступних публікаціях та найкращих оцінках, використаних в опублікованих працях за тематикою COVID-19. Ключовим було те, що 65% інфікованих випадків COVID-19 розвиваються за чітко виявленими симптомами (табл. 1).

Іншим був номер відтворення у вільній від COVID-19 АР Крим, який, як вважалося, становив 2,0 (табл. 1. Поширеність інфекції в АР Крим).

Для оцінки поширеності інфекції SARS-CoV-2 в АР Крим ми припустили, що виявлено таку ж кількість невиявлених випадків, як і виявлених. Тож ми використали дані за 31 грудня 2020 року, коли АР Крим повідомила про 1043 нових виявлених випадків захворювання за сім днів (10). Якщо припустити 14-денний період (латентний період плюс інфекційний період), це свідчить про точкову поширеність заражених випадків у 0,0006% ( $65/7 \times 16$ ) / 25,46 млн. Для моделювання випадково відбирали пасажирів з населення півострова. Ризик зараження екіпажу повітряного корабля був підвищений через передачу в польоті на рейсах, які ми змоделювали. У більшості наших сценаріїв пасажир та члени екіпажу повітряного корабля перед посадкою проходили перевірку.

Пандемія COVID-19 мала значний міжнародний вплив на здоров'я протягом 2020 року – 6,3 млн випадків та 380 000 смертей у всьому світі до 3 червня [1]. У багатьох країнах застосовується прикордонний контроль, щоб обмежити поширення пандемії, і це (у поєднанні зі страхом перед пандемією) помітно зменшило міжнародні поїздки. Це скорочення подорожей призвело до несприятливих економічних та соціальних наслідків для країн шляхом зменшення ділової взаємодії, туризму та пересування іноземних студентів.

Схема потоку рухів пасажирів та екіпажу повітряного корабля в моделі, включаючи втручання (спрощене і не показуючи точних деталей руху рухомого складу екіпажу вперед і назад, подробиці про пасажирів, які звертаються за медичною допомогою, коли вони мають симптоматику в Україні, та ізоляцію виявлених випадків із відстеженням контактів). Вибір заходів контролю ми визначили з опублікованих літературних джерел та онлайн-огляду стратегій, визначених Медичною консультативною групою IATA [6]. Ці елементи управління показані в таблиці 1.

Таблиця 1

**Вхідні параметри, використані для моделювання потенційного поширення інфекцій COVID-19, на прикладі стохастичної версії CovidSIM (v1.1)**

Значення	Значення параметра, що використовується	Додаткові відомості про введення параметрів до моделювання
Латентний період	5 днів	Ми використовували найкращу оцінку CDC у грудні 2020 року, середнє значення до 6 днів, симптоми (тобто латентний період плюс продромальний період) (19). Ми використовували стандартне відхилення (SD) 25% (1 день) (розраховане з використанням 16 етапів; розподіл Ерланга).
Продромальний Період	1 день	Поки що недостатньо інформації про цей продромальний період для COVID-19, тому ми використали припущену величину для грипу (SD = 25%; 0,25 днів, розподіл Ерланга).
Симптоматичний Період	10 днів (розділити на 2 періоди від 5 днів кожен)	У звіті Спільної місії ВООЗ та Китаю зазначається, що середній час від початку зараження до клінічного одужання для легких випадків становить приблизно 2 тижні та 3–6 тижнів для пацієнтів із важким або критичним захворюванням (20). Але враховуючи, що легкі випадки, можливо, були пропущені в цій конкретній оцінці, ми використали трохи коротший загальний проміжок часу – 10 днів (SD = 25%; 2,5 дні, розподіл Ерланга).
Інфекції що призводять до хвороби (симптоматичне захворювання)	65%	Ми використовували найкращу оцінку CDC у грудні 2020 року, що становить 65% симптоматичних та 35% безсимптомних (19). Це більше, ніж 20% частки безсимптомних випадків за китайським дослідженням (21). Однак це значення нижче за 43%, що знайдено в ісландському дослідженні (23). Але це також вище, ніж в іншому китайському дослідженні (6% безсимптомно) (24). Британське дослідження за підсумками огляду медичних працівників повідомило, що 27% усіх інфекцій були безсимптомними, але ця група була іншого віку, ніж загальна популяція (25).

Розглянемо на прикладі можливий авіапеліт з України до Сімферополя: ми імітували один рейс на день із Києва до Сімферополя, що перевозив до 200 пасажирів та 5 членів екіпажу. Невеликий парк літальних апаратів використовувався на цьому маршруті за часів входу до складу України АР Крим та в допандемічну еру, серед яких найпоширенішим був Airbus A320, який може взяти на борт до 180 пасажирів. Ми використовували мінімальне співвідношення однієї кабіни члену екіпажу до 5 місць (як вимагають деякі регулятори), припускаючи, що там можуть бути нові процеси, що зменшують навантаження екіпажу (наприклад, їжа, напої, розміщені на місцях заздалегідь). Це маленька частка рівня подорожей у допандемічний час (тобто 3,1% від 1042 відвідувачів прибуття з АР Крим до Києва у 2013 році).

Ризик передачі в польоті.

Є кілька публікацій, які пропонують передачу SARS-CoV-2 на літаках [3]. Один із них повідомив про 11 пацієнтів, яким «поставили діагноз після спільного польоту в той самий рейс без жодного пасажиря, якого згодом можна було б визначити джерелом зараження» [7]. Інший повідомив про один випадок, «скоріше за все придбаний під час польоту» (14). Але політ з індексом пацієнта,

у якого був сухий кашель на борту, здавалося, не поширював інфекцію ні на кого з 350 пасажирів. Документ IATA [8] повідомляє про кілька рейсів з пасажирями, інфікованими SARS-CoV-2, які, очевидно, не заразили інших пасажирів, але також є один випадок: із Великобританії до В'єтнаму (політ із зараженими) до 14 осіб. Крім того, на основі опитування IATA чотирьох авіакомпаній було повідомлено про те, що «всього було виявлено один можливий вторинний випадок пасажирів, а також лише дві справи серед екіпажу, які вважаються результатом можливої передачі вірусу в польоті».

З огляду на ці передумови, очевидно, важко визначити ризик передачі SARS-CoV-2 на борту пасажирського літака. Тому для цілей моделювання ми використовували кількісні дані з передачі грипу на літаках.

Для цього ми вилучили дані із відповідного систематичного огляду та повторно проаналізували його. Ця робота вказувала на те, що реєстр індексу може типово генерувати в середньому 6,0 вторинних випадків на політ тривалістю щонайменше три години (припускаючи, що відсутнє використання маски та що SARS-CoV-2 подібний до грипу за інфекційністю в таких ситуаціях). Ми

припускали, що екіпаж повітряного корабля має однаковий ризик зараження через одну заражену особу серед пасажирів (за відсутності будь-яких даних про це з систематичного огляду). Ми також вважаємо обов'язковим використання маски на рейсах, відповідно до основних правил авіакомпаній з червня 2020 року [5].

Ми припустили, що після прибуття до АР Крим для всіх проводиться перевірка в'їзду (пасажирів та члени екіпажу повітряного корабля). Пасажирів або поміщали під наглядовий карантин на 14 днів (відповідно до фактичних домовленостей у травні 2020 року), а потім звільняли для вільного пересування, або як альтернативу пропонували 14 днів карантину (ми розглядали різні комбінації тестування ПЛР). Дійсно, тест ПЛР після прибуття вже використовується в деяких країнах (наприклад, Туреччина в травні 2020 р.)

За три години після оплати пасажирів мали на руках результати тесту. До останнього (тесту на ПЛР) ми припускали, що люди можуть вільно пересуватися навколо півострова Крим, але вони повинні були носити маску, перебуваючи в присутності інших людей; далі ми припускали, що половина випадків, у яких протягом цього періоду розвиваються симптоми, повідомляли про симптоми протягом однієї доби. Крім того, ми припустили, що якщо ці люди пройшли позитивний тест або якщо вони повідомляли про самі симптоми, то відстеження контактів дасть змогу ідентифікувати 75% їх заражених контактів у АР Крим, що будуть ізольовані після чергової затримки на один день.

Після перевірки на в'їзд екіпаж повітряного корабля, який прибув до АР Крим, не перебуває на карантині, але передбачувано залишається на один день у АР Крим до свого наступного польоту (хоча в аналізі сценарію є можливість коли вони залишають спеціальні об'єкти (готелі) та не контактують із громадськістю відповідно до деяких існуючих процесів в АР Крим [9].

Постійна передача інфекції в АР Крим: вторинні випадки, зараження членів екіпажу або пасажирів в АР Крим не відстежені, а також третинні випадки зараження за простеженими вторинними випадками до того, як їх було ізольовано. Передбачалося, що вони мають певну тривалість інфекційного періоду. Деякі з них можуть спровокувати спалах [10].

Зворотний рейс до України (екіпаж повітряного корабля).

Щоби зробити моделювання якомога реалістичнішим, екіпаж повітряного корабля повинен був поїхати назад до АР Крим після одноденного

перебування в Україні. Тоді припускали, що вони мають черговий виїзд в Україну на один день (де неінфіковані члени екіпажу повітряного корабля також могли підхопити зараження від взаємодії з громадськістю), а потім вони можуть бути виявлені або не виявлені під час наступного процесу перевірки посадки до повітряного корабля. Поки екіпаж літака піддавався процедурі скринінгу та носіння масок на борту під час виходу та входу до літака, це були єдині втручання, які ми розглядали (хоча із огляду на аналіз сценаріїв щодо відсутності одноденної затримки в жодній країні).

Для базового випадку одного рейсу на день з України, де не передбачалося втручання на місці, ми підраховали, що АР Крим у середньому переживе спалах COVID-19 через 1,7 року (табл. 3). Це було збільшено до 2,2 року після проведення скринінгу температури на вході та після виходу з літака.

Україна переживе спалах пандемії COVID-19 до 3,3 року шляхом носіння маски на рейсах і до 3,5 року шляхом проведення скринінгу входу після прибуття до України. При додаванні до ПЛР-тестування (супроводжується самозвітом про симптоми, носіння масок та відстеження контактів/ізоляція випадків до останнього тесту) різні сценарії вказували середній час спалаху від 4,4 до 29,6 року (таблиця 3). Ключовим драйвером ці результати визначали не кількість тестів, а час останнього тесту, оскільки це збільшило переваги використання маски, повідомлення про симптоми та відстеження контактів.

Додаткові результати за часом до останнього тесту на ПЛР, що продовжено до 15 днів в АР Крим, вказують на особливо важливу користь від використання маски, самозвітності про симптоми і відстеження/ізоляції контактів [11].

Найкращим результатом був середній час спалаху 29,6 року (табл. 2). Тим не менше, якщо ПЛР-тестування було повністю відмінено і замінено лише використанням маски до 15 днів в АР Крим, все ще існує ризик спалаху інфекції.

Якщо замість тестування на ПЛР використовувати 14-денний карантин (згідно з фактичною практикою у вересні 2020 р) в Україні, це було б найефективнішим рішенням, оскільки би збільшило середній час до спалаху на понад 34,5 року для всіх розглянутих сценаріїв.

Зменшення карантину з 14 до 7 днів призведе до набагато песимістичнішого результату (середній час очікування спалаху: 5,8 року).

Варто зазначити, що всі ці значення є середньою тривалістю порівняно зі спалахом, проте

кожен одиничний рейс літака несе, хоча і невеликий, ризик але ж може спровокувати таку подію. Спалахи захворювання відбуваються у випадковий момент часу (експоненційно розподілені) з очікуваним значенням, наведеним у таблиці 3. Як і дисперсія, експоненціальний розподіл надзвичайно великий, 95% становлять інтервали невизначеності. Для таких спалахів він відповідно є дуже великим. Тобто за найбільш песимістичним сценарієм (без втручання у сценарій) очікувана тривалість 1,7 року, 95% спалахів прогнозується між 0,04 року (15 днів) і близько 6,09 року; у найбільш оптимістичному сценарії (з карантинном) очікувана тривалість становить 34,1 року, 95% спалахів відбувається між 0,86 і 126 роками.

Для кожної стратегії втручання було проведено 100 мільйонів стохастичних моделювань. Значення, як правило, округлили до трьох цифр. Пасажирам дозволено вільно пересуватися по території України від прибуття до останнього тесту на ПЛР або після звільнення з карантину.

Пасажири як група були головним фактором ризику спалаху щодо членів екіпажу: вони спричинили більше випадків. У 100 разів більше спалахів, ніж у членів екіпажу (залежно від сценарію). Пасажири також спричинили більше спалахів на душу населення, ніж члени екіпажу, враховуючи співвідношення 50: 1 цих груп на політ.

Це перше імітаційне моделювання, яке розглянуто щодо втручання для боротьби з поширенням вірусу повітряним транспортом між двома регіонами (один з яких знаходиться на півострові). Нам вдалося розглянути широкий спектр втручань у методи контролю та оцінити інтервали невизначеності. Ефективність носіння масок на борту повітряного корабля й досі залишається невивченою. Тому, з огляду на подібні проблеми та постійне вдосконалення знання про динаміку передачі SARS-CoV-2, цей тип проведення імітаційного моделювання на транспорті слід ретельно вивчати та використовувати різні методи моделювання.

**Висновки.** Аналіз оцінки впливу заходів щодо запобігання поширенню коронавірусу свідчить про те, що спалах в АР Крим може статися через 1,3 року без будь-яких втручань і лише за умови виконання 1 рейсу на день із материкової частини України. Цей ризик значно знижується завдяки 14-денному перебуванню на карантині, що використовується досить жваво іншими країнами світу. Розглянутий аналіз дає можливість стверджувати про те, що існує можливість замінити карантин на ПЛР-тестування? включаючи використання та носіння захисних масок пасажирами в АР Крим, що суттєво забезпечить та втримає ризик розповсюдження вірусу.

Таблиця 2

**Результати основних змін поширеності інфекції в країні-джерелі (АР Крим)  
та обсяги польотів від АР Крим до України**

Параметри/сценарії	Очікувана тривалість до спалаху в Україні (роки) (95% – інтервал невизначеності)		
	Ніякого втручання	ПЛР тестування на дні 3+12	14 днів карантину
Відповідно до базового випадку.	1,7 року (0,04–6,09)	29,6 років (0,75–109)	34,1 року (0,86–126)
Поширеність інфекції в АР Крим у 10 разів нижча, ніж у базовому випадку (тобто 0,0006%). Це могло бути тоді, коли б Україна знаходилася на межі ліквідації або ліквідувань, а потім переживала спалах після відмови прикордонного контролю [Сценарій А].	16,5 років (0,42–60,9)	296 років (7,49–1090)	341 рік (8,63–1260)
Поширеність інфекції в Україні в 10 разів вища, ніж у базовому випадку (тобто 0,006%). Це може бути через слабе придушення або зимовий підйом спалаху коронавірусу [Сценарій Б].	0,17 року (0,004–0,61) [2,0 місяці]	3,0 року (0,07–10,9)	3,4 року (0,09–12,6)
Обсяг подорожей у 10 разів більший, ніж у базовому випадку (тобто 10 рейсів на день) з інфекцією, яка поширюється відповідно до базового випадку [Сценарій С].	0,17 року (0,004–0,61) [2 місяці]	3,0 року (0,07–10,9)	3,4 року (0,09–12,6)
Поеднання підвищеної поширеності інфекції та збільшений обсяг подорожей, як зазначено вище [Сценарій В та Сценарій С разом].	0,02 року (0,0004–0,06) [6 днів]	0,3 року (0,007–1,09) [3,6 місяця]	0,34 року (0,01–1,26) [4 місяці]

Результати моделювання ризику базового випадку (відсутність втручань) та інших заходів для запобігання спалахам COVID-19 в Україні (припускаючи, що поширеність інфекції в АР Крим становить 0,0006%, за нашими найкращими оцінками на грудень 2020 року)

Стратегія	Вихід/скринінг в АР Крим (виявлення хворих)	Весь одяг/маски (на профілактиці)	Вхід/скринінг в Україні (виявлення хворих)	Карантин пасажирів	ПЛР тести для пасажирів (1 день прибуття) *	Зв'язок калькуляції між ПЛР тестами	Самозвітність, тригери контакт, калькуляція	Пасажири носіння маски в Україні до останнього ПЛР-тесту**	Самозвітність симптомів ***	Очікується тривалість до спалаху в Україні (роки)	Невизначеність інтервал в роках (95%)
Відсутність ПЛР тестів, немає карантину	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,7	0,04-6,09
	50%	-	-	-	-	-	-	-	-	2,2	0,06-8,11
	50%	90%	-	-	-	-	-	-	-	3,3	0,08-12,1
	50%	90%	50%	-	-	-	-	-	-	3,5	0,09-12,9
<b>Тести ПЛР (на додаток) до різних впливів перевірки виходу та входу до повітряного корабля та носіння масок у польоті</b>											
ПЛР тести	50%	90%	-	-	День 1	-	-	-	-	-	4,4
	50%	90%	-	-	День 1+8	75%	-	-	-	-	6,4
	50%	90%	-	-	День 1+8	75%	-	50%	75%	-	7,5
	50%	90%	-	-	День 1+8	75%	90%	-	-	-	17,0
	50%	90%	-	-	День 1+8		90%	50%	-	-	19,9
	50%	90%	-	-	День 1+8	75%	90%	50%	75%	-	20,0
	50%	90%	50%	-	День 3+12	75%	-	50%	-	-	5,4
	50%	90%	50%	-	День 1+8	75%	-	-	75%	-	6,4
	50%	90%	50%	-	День 1+8	75%	90%	50%	-	-	23,5
	50%	90%	50%	-	День 1+8		90%	-	-	-	28,1
50%	90%	50%	-	День 1+8	75%	90%	-	75%	-	29,6	
<b>Карантин (на додаток) до впливу на перевірки виходу та входу до повітряного корабля та носіння масок на рейсі</b>											
Карантин	50%	90%	75%	7 днів	-	-	-	-	-	5,8	0,15-21,5
	50%	90%	75%	14 днів	-	-	-	-	-	34,1	0,86-126

\* Розглядався діапазон днів, але варіант 3 + 12 днів – це той, який наразі прийнятий для всіх мандрівників станом на січень 2021 р.

\*\* Профілактика вторинних інфекцій через носіння масок потенційно інфікованими пасажирами.

\*\*\* Дана частка пасажирів, які повідомляють про розвиток симптомів під час перебування в Україні до системи охорони здоров'я; передбачається, що їх ізолюють через добу після виявлення симптомів, і тільки після цього може статися настання та відстеження контактів; відстежувані контакти перевіряються методом ПЛР і відтермінуються після чергової затримки на один день.

## Список літератури:

1. Огляд гуманітарної ситуації-жовтень 2020 р. (21.01.2021).
2. Оперативна інформація про поширення корона вірусної інфекції 2019-nCoV.(19.01.2021) URL: <https://moz.gov.ua/article/news/operativnainformacija-pro-poshirenja-koronavirusnoi-infekcii-2019-ncov>.
3. Air Traffic Visualization: Decision makers Should Base Travel Restrictions on Infection Rates Per Capita and Air Traffic Levels. (11.02.2021) URL: <https://doi.org/10.7249/rra248-4>.
4. B. Yan, J. Wang, Z. Zhang, X. Tang, Y. Zhou. An improved method for the fitting and prediction of the number of COVID-19 confirmed cases based. Computers, Materials & Continua, vol. 64, no. 3, pp. 1473-1490, 2020.
5. Coronavirus business impact: Evolving perspective/McKinsey. (01.02.2021) URL: <https://www.mckinsey.com>
6. Emergency summit of the leaders of the G20. Statement on the new coronavirus infection COVID-19.
7. Hoang Pham. On Estimating the Number of Deaths Related to COVID-19. Rutgers University, Piscataway, Mathematics 2020, 8 (5), 655; <https://doi.org/10.3390/math8050655>.
8. Investment Trends Monitor. UNCTAD. Impact of the COVID-19 pandemic on global FDI and GVCs. Updated Analysis. (04.02.2021) URL: [https://unctad.org/system/files/official-document/diaeiainf2020d3\\_en.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/diaeiainf2020d3_en.pdf)
9. Mizumoto K, Chowell G. Estimating Risk for Death from Coronavirus Disease, China, January-February 2020. Emergency Infect Dis. 2020 Jun; 26(6): P. 1251-1256. <https://doi.org/10.3201/eid2606.200233>
10. Russel Hanson, Christopher Mouton, Adam Grissom, John Godges. COVID-19 Air Traffic Visualization: Decision makers Should Base Travel Restrictions on Infection Rates Per Capita and Air Traffic Levels. (11.02.2021) URL: <https://doi.org/10.7249/rra248-4>.
11. Resat Ozaras, Hakan Leblebicioglu. COVID-19 pandemic and international travel: Turkey's experience. Journal Article published Mar 2021 in Travel Medicine and infectious Disease, vol.40 on page 101972. (06.02.2021) URL:<https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2021.101972>
12. Yang S., Cao P., Du P., Wu Z., Zhuang Z., Yang L., Yu X., Zhou Q., Feng X., Wang X., Li W., Liu E., Chen J., Chen Y., He D., (2020). Early estimation of the case fatality rate of COVID-19 in mainland China: a data-driven analysis. Annals of translation medicine, 8(4), 128. <https://doi.org/10.21037/atm.2020.02.66>.

**Medynskiy D.V., Shevchenko Yu.V. SIMULATION OF MODELING THE ASSESSMENT OF THE IMPACT OF SECURITY MEASURES AGAINST THE PREVENTION OF SARS-COV-2 ON THE EXAMPLE OF AIR SECURITY WITH A COUNTRY FREE OF CASES COVID-19**

*The COVID-19 pandemic had a significant international impact on health during 2020 – 107 million cases and 2.3 million deaths worldwide by 31 December (1). Border controls are being used in many countries to limit the spread of the pandemic, which has significantly reduced international travel. The reduction in travel has contributed to adverse economic and social consequences for countries by reducing business interaction, tourism and the movement of foreign students. To assess the risk of COVID-19 outbreaks associated with air traffic from a country with a very low prevalence of COVID-19 infection (Ukraine) to the temporarily occupied territory free of COVID-19 (Crimea), along with the possible impact of various control measures for passengers and crew of the aircraft. A stochastic version of the SEIR CovidSIM v1.1 model, developed specifically for COVID-19, was used. The version was filled with data for both countries and parameters for SARS-CoV-2, transmission and control measures. We provided one flight Kiev – Simferopol per day. When there was no entry into the territory of the Autonomous Republic of Crimea, the COVID-19 outbreak on the Crimean Peninsula was estimated at 95%, the uncertainty interval [UI]: 0.04–6.09. However, the combined use of exit and entrance to the airport (from the airport), (symptom indicator and thermal camera), mask in the plane and two PCR tests (for 3 and 12 days) in the Crimea combined with self-reporting of symptoms and tracking contacts using the mask to the second PCR test, reduced this risk to one outbreak for every 29.8% of the population (0.8 to 110). If PCR testing was not performed, but the mask was used by passengers for 15 days in the Autonomous Republic of Crimea, the risk was one outbreak every 14.1% of the population. However, 14-day quarantine (the practice of the Autonomous Republic of Crimea in June 2020) was the most effective strategy in one outbreak for every 34.1% of the population (from 0.86 to 126); although in combination with on-screen shielding and the use of a mask during flights. Many resources can be required from passengers to significantly reduce the risk of a pandemic virus to a COVID-19-free country by air, but there is potential for replacing 14-day quarantine with PCR testing or the requirement to use masks by passengers in Crimea. However, all approaches require constant careful analysis and optimization of local government.*

**Key words:** pandemic, passengers, aircraft, testing, crew members, simulation model, safety.