

© Колектив авторів, 2021
 УДК 616.98:578.834]-036.22-037:519.24]:355.1(477)
 DOI 10.11603/1681-2727.2021.1.11880

В.Л. Савицький¹, Ю.М. Депутат¹, М.Ю. Антомонов², О.М. Іванько¹, С.О. Моргун³,
 Д.І. Доброштан³

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ПРОГНОЗУ ЗАХВОРЮВАНОСТІ НА COVID-19 У ЗБРОЙНИХ СИЛАХ УКРАЇНИ

¹Українська військово-медична академія, ²ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України», ³Командування Медичних сил Збройних Сил України

Мета роботи – розробка моделі динаміки COVID-19 у Збройних Силах України, яка дозволяє прогнозувати рівень захворюваності особового складу на підставі наявних статистичних даних.

Матеріали і методи. Для дослідження були використані офіційні дані оперативної групи Санітарно-епідеміологічного управління командування Медичних сил Збройних Сил України станом на 08.02.2021 р.

Результати досліджень. Отримано результати досліджень кількості прогнозованих випадків інфікування особового складу Збройних Сил України під час пандемії COVID-19 на основі лінійних і нелінійних диференціальних рівнянь з використанням математичного моделювання.

Висновки. Встановлено, що захворюваність серед населення України, в тому числі особового складу Збройних Сил, піддається опису за допомогою сигмоїдної (S-подібної) функції. Розроблена математична модель відповідає реальним показникам та її можна застосовувати як ймовірну прогнозну модель. Графічне зображення динаміки захворюваності на COVID-19 військовослужбовців Збройних Сил України відповідає динаміці офіційно зареєстрованої загальної захворюваності серед населення України.

За допомогою отриманої моделі підраховано, що до середини березня 2021 р. за песимістичним прогнозом накопичена кількість інфікованих у Збройних Силах України ймовірно може становити біля 18 000 випадків, а за оптимістичним – 16 000. Модель для прогнозу захворюваності на COVID-19 доцільно використовувати на короткострокову перспективу.

Ключові слова: пандемія, COVID-19, математичні методи прогнозування, військовослужбовці, збройні сили.

Прогнозування динаміки захворюваності дозволяє розробити і застосувати адекватні заходи протидії, за-

безпечити раціональне використання матеріальних і людських ресурсів. Інформаційною основою прогнозу є статистичні дані, які регулярно отримують відповідні структури [1-6].

Останнім часом суспільство стурбоване виникненням та розповсюдженням нових штамів коронавірусу зі значним пандемічним потенціалом [7, 8].

Мета роботи – розробка моделі динаміки COVID-19 у Збройних Силах України, яка дозволяє прогнозувати рівень захворюваності особового складу на підставі наявних статистичних даних.

Матеріали і методи

Для дослідження були використані офіційні дані оперативної групи Санітарно-епідеміологічного управління командування Медичних сил Збройних Сил України станом на 08.02.2021 р. Для вирішення поставлених завдань використовували методи теорії ймовірностей і математичної статистики: теорію перевірки гіпотез, теорію випадкових процесів, кореляційний аналіз, регресійний аналіз.

Результати досліджень та їх обговорення

Початок застосування математичних методів при вивченні епідемії припадає на середину XVII століття. Так, Данилом Бернуллі вперше застосовано найпростіший математичний апарат для оцінки ефективності профілактичних щеплень проти натуральної віспи. У подальшому математичні методи застосовано англійським ученим Уільямом Фара, який вивчав і моделював статистичні показники смертності населення Англії (Уельсу) від епідемії натуральної віспи в 1837-1839 рр. [7]. Саме він вперше отримав математичні моделі показників «руху» епідемії натуральної віспи у вигляді статистичних закономірностей, що дозволило йому скласти прогностичну модель цієї епідемії.

Методи моделювання отримали найбільше розповсюдження з появою електронно-обчислювальних ма-

шин (EOM). Математичне моделювання – засіб, що дозволяє досягти значно більшої точності, ніж описові методи. Математична модель дає частковий опис певних аспектів реальної дійсності, а її істинність цілком залежить від точності цього зображення [3].

Для математичного описання епідемічного процесу класичною вважається модель SIR Андерсона Кермака і Уільяма Маккендріка. Абревіатура походить від англійських слів *Susceptible – Infected – Recovered*, тобто «сприйнятливі – інфіковані – ті, які видужали». Під «сприйнятливими» мається на увазі ще не інфіковані організми. В рамках цієї моделі динаміка поширення захворювання описується за допомогою досить простої системи диференціальних рівнянь. Ця система ґрунтується на таких постулатах:

- зміна числа здорових індивідуумів зменшується з часом пропорційно числу контактів з інфікованими;
- швидкість збільшення числа тих, хто заразився, росте пропорційно числу контактів здорових та інфікованих і зменшується в міру одужання останніх;
- число тих, хто видужав за одиницю часу, пропорційне числу інфікованих. Інакше кажучи, кожен хворий через деякий час має одужати.

Ця модель добре описує «природний», ідеалізований процес послідовного переходу суб'єктів інфікування між трьома сукупностями популяції (компартаментами) – «сприйнятливі», «інфіковані», «видужали».

Певним недоліком цієї моделі є припущення незмінності чисельності популяції, тому що вона не враховує випадки смерті від захворювання. Крім того, SIR-модель не враховує можливу неоднорідність популяції (наприклад, різну щільність населення в різних районах), різні шляхи передачі збудника та фактори випадковості, значимі в малих популяціях і на початковій фазі поширення захворювання. Ще є варіації моделі – наприклад SEIR де враховують хворих (E) в інкубаційному періоді, коли вони ще не є заразними.

Для більшої відповідності моделі реальному епідемічному процесу були запропоновані її численні модифікації й ускладнення, що враховують інкубаційний період захворювання, появу постійного чи тимчасового імунітету або просто неможливості його виникнення, щільність популяції, переміщення осіб у просторі та часі, інтенсивність контактів та інші фактори.

Але жодна з цих моделей не враховує розумності поведінки індивідуумів і впливу соціуму. Як і будь-яка інша модель, вона не передбачає втручання «людського фактора». Тому ні сама SIR-модель, ні її численні ускладнені варіанти не беруть до уваги можливі організаційні заходи політичного, економічного, соціального і медичного характеру. Карантинні заходи, обмеження

переміщення, дистанційна робота, он-лайн навчання, зом-конференції і носіння масок, «локдауни», вакцинація – все це залишається за межами моделювання.

Тому для математичного моделювання реального епідемічного процесу і його прогнозу розумніше й ефективніше йти не шляхом ускладнення математичного опису його внутрішніх механізмів, а використовувати реальну картину спостережуваного явища і спробувати описати його «формально – функціонально». Тобто розглядати графік динаміки і підбирати якомога точніший математичний опис цього графіка.

Застосування адекватної епідеміологічної моделі дозволяє «відновити» дані щодо захворюваності й на їх основі провести обчислювальні експерименти на комп'ютері за різними варіантами розвитку епідемічної ситуації. У зв'язку з цим є актуальним проведення прогнозно-аналітичних досліджень на основі розробленої математичної моделі поширення SARS-CoV-2 з метою пошуку найбільш прийнятних сценаріїв протиепідемічних заходів.

Головною метою застосування представленої математичної моделі є обчислення прогнозів щодо кількості захворювань, моніторинг ситуації у Збройних Силах України, оцінка та планування протиепідемічних заходів щодо запобігання поширенню захворювання.

Для моделювання процесу було застосовано два підходи:

- 1) побудова загальних математичних моделей (функціональний підхід);
- 2) чисельне згладжування динамічних рядів (графоаналітичний підхід).

Математичне моделювання здійснювалося двома шляхами – підбором аналітичного виразу, графічний вигляд якого максимально відповідав би графічному відображенню реального процесу захворюваності на COVID-19 у Збройних Силах України (функціональний метод) і використанням апріорних міркувань про властивості цього процесу (змістовний метод).

У рамках функціонального підходу для опису першого процесу були випробувані різні математичні функції, графіки яких мали S-подібний вигляд і описувалися наступними формулами:

$$y = \frac{1}{1 + \exp(-(a + bx))} \quad y = \frac{1}{1 + \exp(-(a + bx + cx^2))}$$

$$y = \frac{1}{a + bc^x} \quad y = \frac{a + be^{cx}}{1 + de^{fx}} \quad y = \frac{a}{1 + be^{cx}}$$

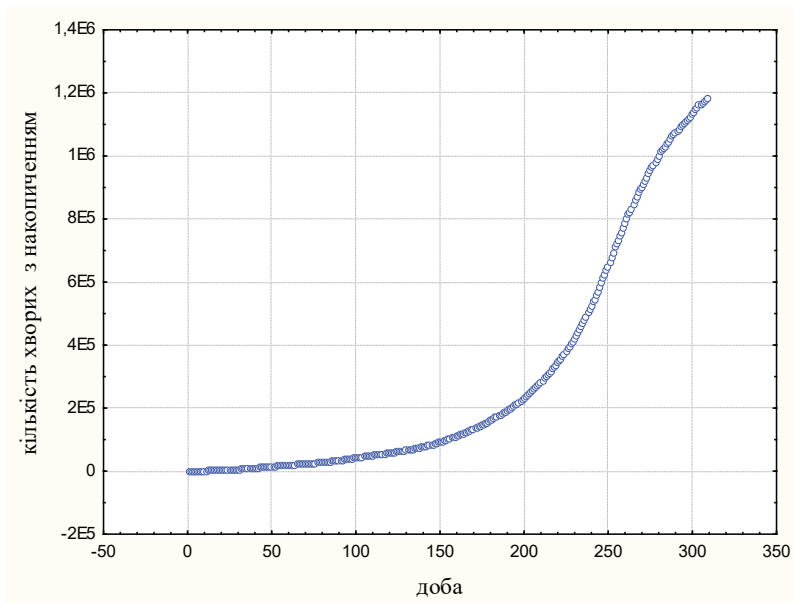
$$y = \frac{a}{1 + 10^{b+cx}} \quad y = \frac{ae^{bx}}{1 + ce^{dx}} \quad y = a(1 - e^{bx^c})$$

У результаті проведеної роботи встановлено, що практично всі ці математичні моделі досить добре описували реальні вихідні дані загальної захворюваності на COVID-19 в Збройних Силах України і давали прийнятну похибку (5-8 %).

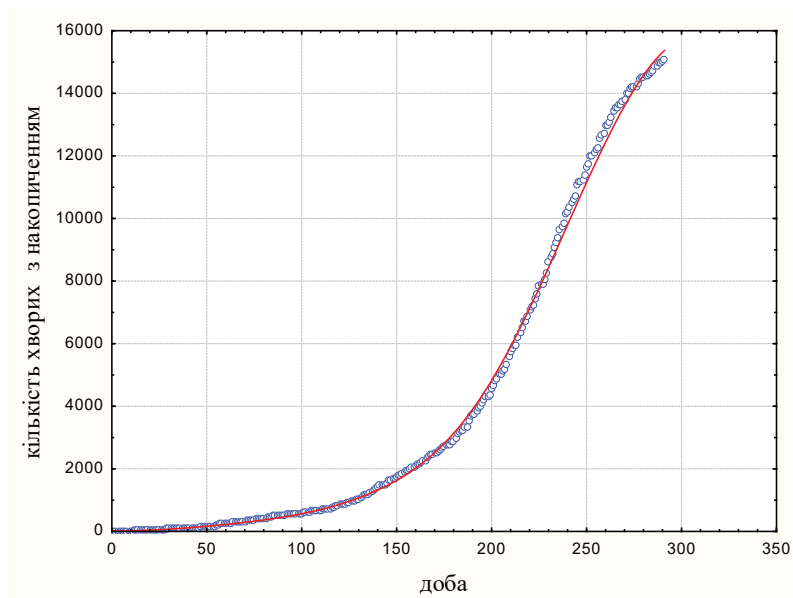
Вихідні дані представляли динамічні ряди накопиченої інформації щодо загальної захворюваності на COVID-19 серед населення України та ЗС України, в

тому числі поточного приросту у Збройних Силах України. На початковому етапі були побудовані графіки цих двох процесів (мал. 1-3).

З представленої малюнка видно, що застосована математична модель відповідає реальним показникам та її можливо застосовувати як ймовірну прогнозовану модель.



Мал. 1. Динаміка загальної захворюваності на COVID-19 серед населення України.

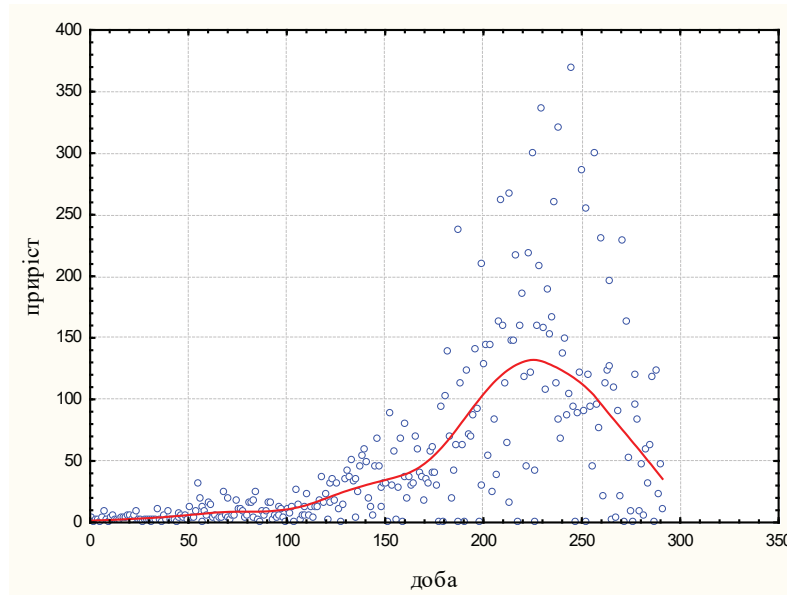


Мал. 2. Динаміка загальної захворюваності на COVID-19 у Збройних Силах України.

ОРИГІНАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Згідно з мал. 1 та 2 можна зробити висновок, що графічне зображення динаміки загальної захворюваності особового складу Збройних Сил України подібне динаміці офіційно зареєстрованої загальної захворюваності серед населення України.

Було з'ясовано, що графічне зображення динаміки захворюваності на COVID-19 у Збройних Силах України мало S-подібну функцію (логісту), а динаміка приросту захворюваності – унімодальну (горбоподібну) функцію (мал. 3).



Мал. 3. Динаміка приросту захворюваності на COVID-19 у Збройних Силах України.

Тому для вибору найбільш адекватної моделі були використані змістовні припущення. А саме – відповідності процесу приросту захворюваності ймовірнісній природі поширення інфекційного захворювання.

Як ймовірнісну модель використовували розподіл Вейбулла. Функція цього розподілу має S-подібний графік, а графік щільності розподілу – вид унімодальної кривої.

Таким чином, для динаміки загальної захворюваності використовували функцію розподілу:

$$y(x) = 1 - e^{-kx^n},$$

а для приросту захворюваності – щільність розподілу Вейбулла:

$$p(x) = nkx^{n-1}e^{-kx^n}.$$

Оскільки обидві ці функції – імовірнісні, тобто їх зміни перебувають у діапазоні від 0 до 1, для них додатково використовувався масштабувальний коефіцієнт «а».

Розрахунок параметрів цих моделей здійснювався за вихідними даними чисельними методами (Маргварда-Левенберга) за допомогою пакета програм STATISTICA10 portable.

Для першої моделі отримали значення:

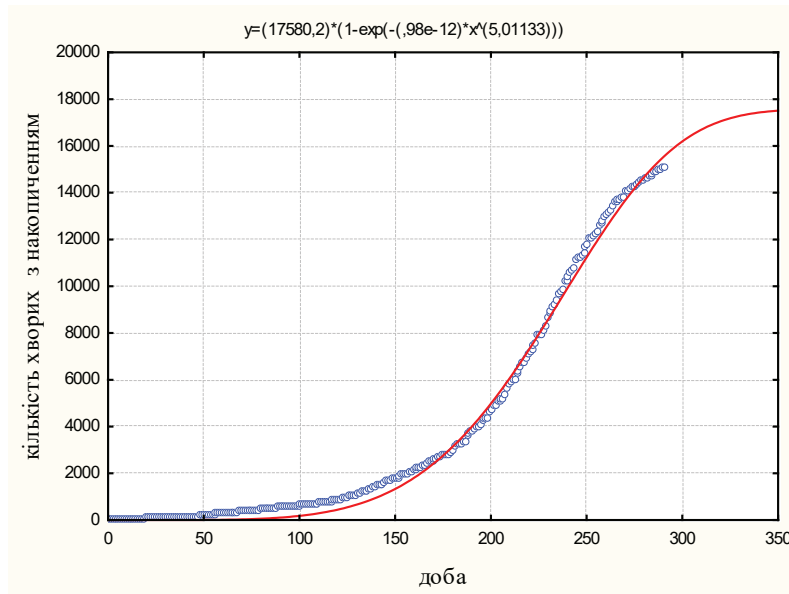
	Estimate	Standard	t-value	p-level	Lo. Conf	Up. Conf
a	17580,23	297,5922	59,07	<0,001	16994,50	18165,96
k	$0,1 \times 10^{-11}$	0,0000		<0,001	0,00	0,00
n	5,01	0,0717	69,86	<0,001	4,87	5,15

При обчисленнях вважалося, що репродуктивне число та коефіцієнт летальності залишаються сталими впродовж прогностичного періоду. При прогнозуванні тенденція до зміни репродуктивного числа не враховувалася. Прогнозні сценарії обчислювалися зі сталим значенням репродуктивного числа.

Графік моделі представлено на мал. 4.

При дослідженні епідемічного процесу важливим є лише прогнозування епідемічного підйому, тобто періоду «епідемія-спад». Це пов'язано з тим, що динаміка процесу може змінити тенденцію до розповсюдження після спалаху внаслідок вжитих протиепідемічних заходів.

Варто зауважити, що S-подібна функція, що відображає розвиток епідемічного процесу, характеризується



Мал. 4. Прогнозні значення динаміки загальної захворюваності на COVID-19 у Збройних Силах України згідно з розрахунками математичної моделі до 15.03.21 р. (350-а доба).

ся підйомом, а в подальшому – поступовим згладжуванням і переходом у «плато», яке засвідчує стабілізацію захворюваності у популяції, що спостерігається у використаній нами моделі.

Разом з тим, як видно з мал. 4, математична модель демонструє значні аномалії в динаміці. Це може бути наслідком великої кількості святкових (новорічних і Різдвяних) днів, наявності безсимптомних хворих, зменшення кількості тестувань і запровадження карантинно-обмежувальних заходів у країні та Збройних Силах України зокрема.

У такому випадку, згідно з результатами отриманих розрахунків, найбільша імовірність прогнозу можлива лише на короткострокову перспективу терміном до 10 діб. При довгостроковому прогнозі значно збільшується похибка.

З мал. 4 видно, що у середині березня 2021 р. є ймовірність зниження темпу приросту захворюваності та виходу на «плато», тобто стабілізації епідемічного процесу, за умови циркуляції лише існуючого штаму збудника.

За допомогою математичної моделі підраховано, що до 15.03.2021 р., тобто 350-го дня від першого зареєстрованого у Збройних Силах України випадку захворювання на COVID-19, за песимістичним прогнозом загальна накопичена кількість інфікованих може становити біля 18 000 осіб, а за оптимістичним – 16 000.

Водночас описаний процес у Збройних Силах України не є характерним для України в цілому (мал. 5), що може бути пов'язане з адекватними та своєчасними протиепідемічними заходами серед особового складу Збройних Сил України.

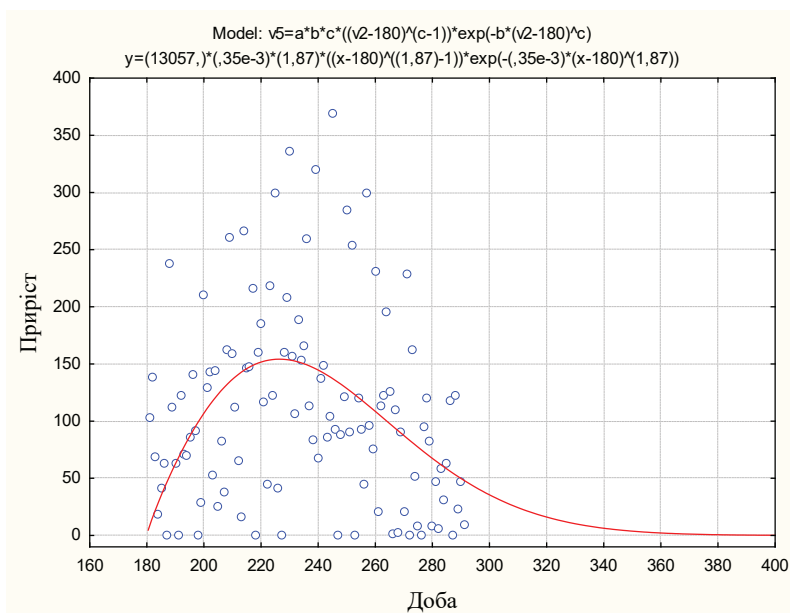
Для другої моделі коефіцієнти мали значення:

	Estimate	Standard	t-value	p-level	Lo. Conf	Up. Conf
a	13057,02	1373,581	9,50	<0,001	10334,34	15779,70
k	0,35×10 ⁻³	0,000	3,52	<0,05	0,00	0,00
n	1,87	0,200	9,38	<0,001	1,48	2,27

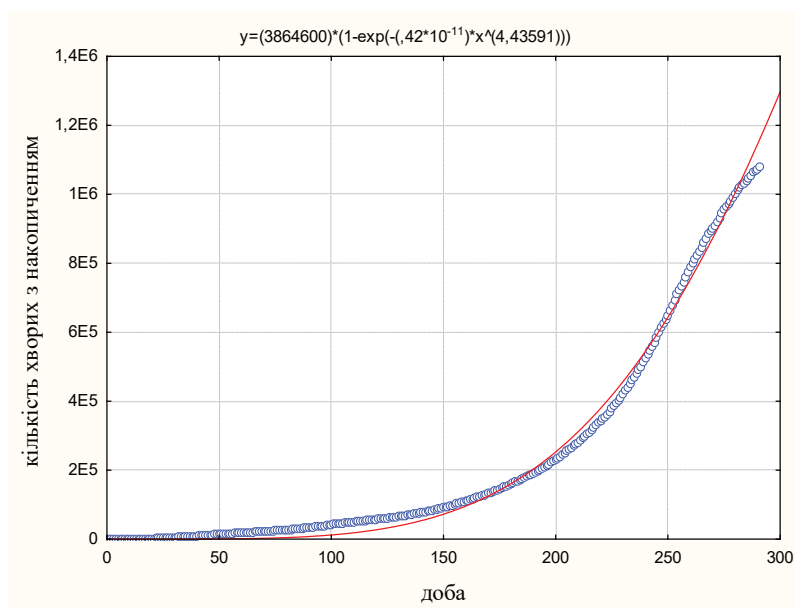
На мал. 6 представлено графік унімодальної (горбоподібної) моделі, яка характеризує приріст захворюваності на COVID-19 у Збройних Силах України.

Чисельне згладжування, на відміну від математичних моделей, дозволяє виконувати прогноз лише на короткострокову перспективу терміном до 10 діб, тобто на обмежене число кроків вперед, але, як правило, з набагато вищою точністю, ніж при математичному моделюванні.

Нами було використано експоненціальне згладжування, яке є більш адекватним для опису даних про динаміку захворюваності (на відміну від методу ковзної середньої). Крім того, його відрізняє простота процедури обчислень і можливість обліку значимості вихідної інформації.



Мал. 5. Динаміка загальної захворюваності на COVID-19 в Україні згідно з розрахунками математичної моделі.



Мал. 6. Математична модель динаміки приросту захворюваності на COVID-19 у Збройних Силах України.

Робоча рекурентна формула методу експоненціального згладжування має вигляд:

$$y_{t+1}^* = \alpha y_t + (1 - \alpha)y_{t-1}^*,$$

де t – період, що передуює прогнозованому;

$t + 1$ – прогнозний період – прогнозований показник;

α – параметр згладжування – фактичне значення досліджуваного показника за період, що передуює прогнозованому.

При експоненційному згладжуванні старішим спостереженням приписуються послідовно убуваючі вагомості значення, при цьому, на відміну від ковзного середнього-

го, враховуються всі попередні спостереження ряду, а не тільки ті, що потрапили в певний діапазон.

Коли ця формула застосовується рекурсивно, то кожне нове згладжене значення (яке є також прогнозом) обчислюється як зважене середнє поточного спостереження і згладженого ряду.

Загальна формула має вигляд:

$$y_{t+1}^* = \alpha y_t + \sum_{i=0}^n (1-\alpha)^i y_{t-i}^* .$$

Таким чином, прогноз виявляється зваженою сумою всіх членів ряду. Причому вагові значення зменшуються в експоненціальній залежності від віддаленості спостереження відносно моменту t . Це і пояснює назву «експоненціальне середнє».

Від величини α залежить як швидко знижується вага впливу попередніх спостережень. Тобто, чим більшим є α , тим менше позначається вплив попередніх спостережень. Якщо значення α близьке до одиниці, то це призводить до врахування при прогнозі впливу лише останніх спостережень. Якщо величина α близька до нуля, то вагові значення, за якими зважуються рівні тимчасового ряду, убивають повільно, тобто при прогнозі враховуються всі (або майже всі) минулі спостереження.

Таким чином, якщо є впевненість, що початкові умови, на підставі яких розробляється прогноз, достовірні, слід використовувати невелику величину параметра згладжування ($\alpha \rightarrow 0$). Коли параметр згладжування малий, то досліджувана функція поводить себе як середня з великого числа минулих рівнів. Якщо немає достатньої впевненості у початкових умовах прогнозування, то слід

використовувати велику величину α , що призведе до обліку при прогнозі в основному впливу останніх спостережень.

Висновки

Встановлено, що захворюваність на COVID-19 серед особового складу Збройних Сил України, як і населення України, піддається опису за допомогою S-подібної функції.

Застосована математична модель відповідає реальним показникам та її можна використовувати як імовірну прогнозну модель захворюваності особового складу Збройних Сил України.

Графічне зображення динаміки захворюваності на COVID-19 серед особового складу Збройних Сил України є подібним динаміці офіційно зареєстрованої загальної захворюваності серед населення України.

S-подібна функція, що відображає розвиток епідемічного процесу, характеризується підйомом, а в подальшому – поступовим згладжуванням і переходом у «плато», що свідчить про стабілізацію захворюваності у популяції.

За допомогою моделі підраховано, що до 15 березня 2021 р., за песимістичним прогнозом накопичена кількість інфікованих у Збройних Силах України імовірно може становити біля 18 000 осіб, а за оптимістичним – 16 000.

Згідно з результатами отриманих розрахунків, найбільша імовірність прогнозу можлива лише на короткострокову перспективу терміном до 10 діб. При довгостроковому прогнозі похибка значно збільшується.

Література

1. Антомонов М.Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных / М.Ю. Антомонов. – 2-е изд. – К.: Мединформ, 2018. – 579 с.
2. Чумаченко Д.І. Математичні моделі і методи прогнозування епідемічних процесів: монографія / Д.І. Чумаченко, Т.О. Чумаченко. – Харків: ТОВ «Планета-Принт», 2020. – 180 с.
3. Романюха А.А. Математические модели в иммунологии и эпидемиологии инфекционных заболеваний / А.А. Романюха. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 293 с.
4. Хусаїнов Д.Я. Введення в моделювання динамічних систем / Д.Я. Хусаїнов, І.І. Харченко, А.В. Шатирко. – К.: КНУ ім. Тараса Шевченка, 2010. – 130 с.
5. Мокін В.Б. Інформаційна технологія аналізу та прогнозування кількості нових випадків захворювань на коронавірус SARS-COV-2

в Україні на основі моделі PROPHET / В.Б. Мокін, А.В. Лосенко, А.Р. Ящолт // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2020. – № 5. – С. 71-82. DOI: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2020-152-5-71-83>.

6. Brauer F. Mathematical models in population biology and epidemiology / F. Brauer, C. Castillo-Chavez. – Springer, 2012. – 508 p.

7. Asymptomatic SARS-CoV-2 infection in household contacts of a healthcare provider, Wuhan, China / Y. Luo, E. Trevathan, Z. Qian [et al.] // Emerg. Infect. Dis. – 2020. – Vol 26(8). – P. 1930-1933. DOI: <http://doi.org/10.3201/eid2608.201016>

8. Комісаренко С.В. Світова коронавірусна криза / С.В. Комісаренко. – К.: ЛАТ&К, 2020. – 120 с.

References

1. Antomonov, M.Yu. (2018). *Mathematical processing and analysis of medical and biological data*. Kyiv: Medinform [in Russian].
2. Chumachenko, D.I., & Chumachenko, T.O. (2020). *Mathematical models and methods of epidemic processes forecasting*: monograph. Kharkiv: TOV «Planeta-Print» [in Ukrainian].
3. Romanyukha, A.A. (2012). *Mathematical models in immunology and epidemiology of infectious diseases*. Moscow: BINOM. Laboratoriya znany [in Russian].
4. Khusainov, D.Ya., Kharchenko, I.I., & Shatyko, A.V. (2010). *Introduction to the model of dynamic systems*. Kyiv: Taras Shevchenko Kyiv National University [in Ukrainian].
5. Mokin, V.B., Losenko, A.V., & Yascholt, A.R. (2020). Informational technology of analysis and forecasting of number of new cases of

coronavirus SARS-Cov-2 in Ukraine based on the PROPHET model. *Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu*, 5, 71-82. DOI: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2020-152-5-71-83> [in Ukrainian].

6. Brauer, F., Castillo-Chavez, C., & Castillo-Chavez, C. (2012). *Mathematical models in population biology and epidemiology* (Vol. 2, p. 508). New York: Springer.

7. Luo, Y., Trevathan, E., Qian, Z., Li, Y., Li, J., Xiao, W., ... & Ye, G. (2020). Asymptomatic SARS-CoV-2 infection in household contacts of a healthcare provider, Wuhan, China. *Emerging infectious diseases*, 26(8), 1930. DOI: <http://doi.org/10.3201/eid2608.201016>

8. Komisarenko, S.V. (2020). *World coronavirus crisis*. Kyiv: LAT&K [in Ukrainian].

DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL FOR FORECASTING THE INVENTION OF COVID-19 IN THE ARMED FORCES OF UKRAINE

V.L. Savytsky¹, Yu.M. Deputat¹, M.Yu. Antomonov², O.M. Ivanko¹, S.O. Morhun³, D.I. Dobroshtan³

¹Ukrainian Military Medical Academy,

²SI "OM Marzeev Institute of Public Health of the NAMS of Ukraine",

³Command of the Medical Forces of the Armed Forces of Ukraine

SUMMARY. *The purpose of the work is to develop a model of the dynamics of the spread of acute respiratory disease COVID-19 in the Armed Forces of Ukraine, which allows forecasting the level of morbidity of personnel on the basis of available statistics.*

Materials and methods. *The materials for the study were the data of the operational group of data collection of the Sanitary and Epidemiological Department of the Medical Forces of the Armed Forces of Ukraine.*

Results and discussion. *The results of researches of the number of predicted cases of infection of the personnel of the Armed Forces of Ukraine during the COVID-19 pandemic were obtained on the basis of linear and nonlinear differential equations with the use of mathematical modeling.*

Conclusions. *It is established that the incidence among the population of Ukraine, including the personnel of the Armed Forces of Ukraine can be described using the sigmoid function. The developed mathematical model corresponds to real indicators and can be used as a probable forecast model. The graphical representation of the dynamics of morbidity of servicemen of the Armed Forces of Ukraine on COVID-19 is similar to the*

dynamics of officially registered general morbidity among the population of Ukraine.

Using the obtained model, it is estimated that in mid-March 2021, according to the pessimistic forecast, the accumulated number of infected in the Armed Forces of Ukraine can probably be about 18,000, and the optimistic – 16,000.

Key words: *pandemic; COVID-19; mathematical forecasting methods; servicemen; armed forces.*

Відомості про авторів:

Савицький Валерій Леонідович – д. мед. н., професор, начальник Української військово-медичної академії; e-mail: savvalleon@ukr.net

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-8027-0163>

Депутат Юрій Миколайович – к. мед. н., с. н. с., провідний науковий співробітник Науково-дослідного інституту проблем військової медицини Української військово-медичної академії; e-mail: yurdep@ukr.net

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8189-9366>

Антомонов Михайло Юрійович – д. б. н., професор, головний науковий співробітник лабораторії епідеміологічних досліджень і медичної інформатики ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України»; e-mail: antomonov@ukr.net

ORCID iD : <https://orcid.org/0000-0003-3939-6156>

Іванько Олеся Михайлівна – д. мед. н., доцентка, начальниця Науково-дослідного інституту проблем військової медицини Української військово-медичної академії; e-mail: ol_ivanko@ukr.net

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-5929-255X>

Моргун Сергій Олександрович – начальник Санітарно-епідеміологічного управління Командування Медичних сил Збройних Сил України; e-mail: morhunsergey@gmail.com

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0000-0003-1890-7068>

Доброштан Дарія Іванівна – офіцерка епідеміологічного відділу Санітарно-епідеміологічного управління Командування Медичних сил Збройних Сил України; e-mail: dariadiv9@gmail.com

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-0840-7695>

Information about the authors:

Savytsky V.L. – MD, Professor, the Head of the Ukrainian Military Medical Academy; e-mail: savvalleon@ukr.net

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-8027-0163>

Deputat Yu.M. – PhD, leading researcher of Research Institute of Military Medicine of Ukraine Military Medical Academy; e-mail: yurdep@ukr.net

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8189-9366>

Antomonov M.Yu. – MD, Professor, head scientific researcher of Laboratory of Epidemiological Research and Medical Informatics of State Institution “O.M. Marzieiev Institute for Public Health” NAMS Ukraine; e-mail: antomonov@ukr.net

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-3939-6156>

Ivanko O.M. – MD, Associate Professor, chief of Research Institute of Problem of Military Medicine of Ukraine Military Medical Academy; e-mail: ol_ivanko@ukr.net

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-5929-255X>

Morhun S.O. – Head of the Sanitary and Epidemiological Department of the Command of the Medical Forces of the Armed Forces of Ukraine; e-mail: morhunsergey@gmail.com

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-1890-7068>

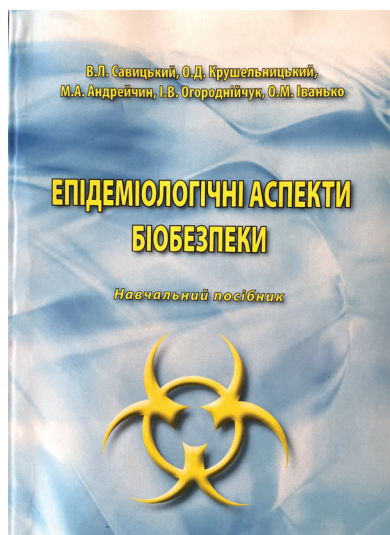
Dobroshtan D.I. – Officer of the Epidemiological Department of the Sanitary and Epidemiological Administration Command of the Medical Forces of the Ukrainian Defense Forces; e-mail: dariadiv9@gmail.com

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-0840-7695>

Конфлікт інтересів: немає.

Authors have no conflict of interest to declare.

Отримано 5.03.2021 р.



ВИЙШОВ НОВИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК!

Епідеміологічні аспекти біобезпеки : навчальний посібник / В.Л. Савицький, О.Д. Крушельницький, М.А. Андрейчин, І.В. Огороднійчук, О.М. Іванько. – Київ : Видавництво «Людмила», 2019. – 160 с.

У навчальному посібнику висвітлюються сучасні вимоги до біологічної безпеки та біозахисту. Окремі розділи присвячені впливу епідемічної складової на стан біологічного захисту, також розглядаються питання біологічної зброї та біотероризму і заходи суворого протиепідемічного режиму.

Посібник відповідає навчальній програмі з дисципліни «Епідеміологічні аспекти біобезпеки» і призначений для слухачів Української військово-медичної академії IV рівня акредитації, лікарів-епідеміологів, ад'юнктів, науковців, викладачів МО України, а також інших силових міністерств та відомств.