

ІНФЕКЦІЙНІ ХВОРОБИ

of Ukraine. The analysis was conducted in order to determine the rank position and specific gravity of the first class of diseases (infectious and parasitic), which includes the most important nosological forms with food transmission.

Conclusions. It is established that levels of morbidity, hospitalization, releases from work in case of diseases of the first class were high enough and mainly among the army conscripts of all categories of military men and types of the Armed Forces. In the structure of causative agents of bacterial dysentery in 1999-2014 prevailed *Shigella flexneri*.

Key words: sanitary and hygienic, disease control, nutrition, infectious diseases.

Відомості про авторів:

Власенко О. М. – д. мед. н., професор, полковник медичної служби, заступник начальника академії з наукової роботи – начальник науково-дослідного інституту проблем військової медицини Української військово-медичної академії. Адреса: Київ, вул. Мельникова, 24, тел.: 044-489-16-32.

Козак Н. Д. – к. мед. н., підполковник медичної служби, начальник науково-організаційного відділу Української військово-медичної академії. Адреса: Київ, вул. Мельникова, 24, тел.: 044-489-16-32.

УДК 616.921.5:576.8.097.3(477)

© КОЛЕКТИВ АВТОРІВ, 2015

¹*І.В. Дзюблик*, ¹*С.О. Соловійов*, ²*В.В. Мальчиков*,
³*Т.А. Дихановська*, ²*О.А. Федченко*

ОПТИМАЛЬНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВАКЦИНАМИ ПРОТИ ГРИПУ НАСЕЛЕННЯ УКРАЇНИ ЯК ПІДХІД ДО ЗМЕНШЕННЯ КІЛЬКОСТІ ПОСТГРИПОЗНИХ УСКЛАДНЕНЬ

¹Національна медична академія післядипломної освіти
імені П.Л. Шупика,

²Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут»,

³Центр грипу та ГРВІ ДУ «ЦЕС» МОЗ України

Вступ. В Україні грип та інші гострі респіраторні вірусні інфекції (ГРВІ) залишаються найбільш розповсюдженою інфекційною патологією. Аналіз статистичних даних з використанням методів математичного моделювання може стати вдалою спробою розуміння наслідків впливу заходів імунізаційної практики грипу на захворюваність пневмонією, як ускладнення, що ним спричинене.

Мета. Створення математичної моделі оптимального забезпечення грипозними вакцинами як інструменту прогнозування попередженої кількості пневмоній, що виникають як ускладнення після перенесеного грипу.

Методологія дослідження. Запропоновано математичну модель, яка чітко відображала б кореляційний зв'язок між пневмонією, грипом, ГРВІ та хронічними бронхітами та слугувала підходом вирішення задачі максимізації кількості попереджених випадків захворювання на пневмонію після перенесеного грипу за допомогою вакцинації.

Результати. На основі статистичних даних було визначено параметри запропонованої оптимізаційної моделі забезпечення населення України вакцинами

проти грипу в умовах обмеженого бюджету. Наведено приклад її використання та показано, що лише один мільйон гривень, витрачений на програму імунізації та розподілений раціонально між регіонами країни, дозволяє запобігти близько п'яти тисяч випадків пневмонії в Україні.

Висновки. Розроблена модель може стати першим кроком в створенні експертної системи оцінки наслідків програм імунізації вакцинами проти грипу, що може бути використана організаторами та експертами охорони здоров'я різних рівнів.

Ключові слова: грип, ГРВІ, хронічні бронхіти, пневмонія, вакцинація, оптимізація.

Вступ. За даними ВООЗ, щорічна смертність від гострих респіраторних вірусних інфекцій та їх ускладнень складає майже 4,5 млн. осіб в рік [1]. В Україні грип та інші гострі респіраторні вірусні інфекції (ГРВІ) залишаються найбільш розповсюдженою інфекційною патологією. Так згідно даних Центру грипу та ГРВІ МОЗ України пік рівня захворюваності на грип в останні роки коливається від 17 до 45 на 100 тис. дорослого населення [2]. Не можна оминати і той факт, що смертність від грипу та його ускладнень займає перше місце серед всіх інфекційних захворювань, при цьому в структурі смертності на пацієнтів віком старших за 65 років припадає 80 - 90% [1, 3]. На основі різних спостережень, проведених в різних країнах світу, грип вважається важливим чинником високих темпів захворюваності на бактеріальні пневмонії, при цьому ступінь кореляційного зв'язку між захворюваністю на грип і пневмоніями коливається від низького до помірного. Приблизно в 75 % хворих на грип, що ускладнюється тяжким перебігом пневмонії, має місце бактеріальна суперінфекція. Найчастішими збудниками вторинної бактеріальної пневмонії є *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae*, а також *Haemophilus influenzae*. Зазвичай, на фоні покращання загального самопочуття, через 4-5 діб від початку захворювання (іноді через 1-2 тижня) респіраторна симптоматика знов «повертається»: з'являється продуктивний кашель ізгніним мокротинням, посилюється задишка тощо. При фізикальному дослідженні виявляють ознаки ущільнення легеневої тканини, що займає одну чи більше часток, рідше - в обох легенях; у деяких випадках виявляються порожнини деструкції легеневої тканини. Стафілококова суперінфекція - одна з основних причин смерті хворих на грип. Клінічно характеризується швидким погіршенням самопочуття пацієнтів та ознаками прогресуючої гіпоксемії [3-7]. За нашими даними захворюваність на пневмонію має тісний зв'язок з циркуляцією грипу як під час періоду сезонних епідемій так і під час пандемії грипу 2009-2010 рр. в Україні. При цьому захворюваність на грип має послідовну тенденцію до зростання, незважаючи на деякі відмінності в строках і тривалості циркуляції грипу в різних регіонах нашої країни [8].

Ці дані дозволяють вважати грип стратегічно важливою медичною проблемою, яка потребує впровадження ефективних уніфікованих проти-епідемічних заходів і їх чіткої координації для зменшення рівня захворюваності, соціальних та економічних втрат. В Україні активно формується правове поле державної політики у сфері профілактики інфекційних хвороб, в тому числі грипу та ГРВІ. Зокрема, прийнято Закони України «Про захист населення від інфекційних хвороб», «Про затвердження Загальнодержавної програми імунізацій та захисту населення від інфекційних хвороб на 2009 – 2015 роки», Накази МОЗ України «Про заходи щодо профілактики і боротьби з грипом та гострими респіраторними інфекціями в Україні», «Про порядок

ІНФЕКЦІЙНІ ХВОРОБИ

проведення профілактичних щеплень в Україні та контроль якості й обігу медичних імунобіологічних препаратів», а також міжгалузевої комплексної програми «Здоров'я нації» [9-13]. На думку вітчизняних авторів в нашій країні спостерігається періодичне зростання захворюваності на грип та ГРВІ, що вказує на недостатню реалізацію існуючих можливостей системного забезпечення зниження цієї захворюваності особливо у працездатного населення, а серед перешкод, які унеможливають подальше підвищення ефективності профілактики грипу та ГРВІ, можна виділити проблеми недостатньої розробки організаційно-управлінських заходів щодо впровадження імунопрофілактики грипу серед працездатного населення України [14].

Аналіз статистичних даних з використанням методів математичного моделювання достатньо широко впроваджується в практику охорони здоров'я в світі [15, 16]. Саме створення математичних моделей, наприклад, для визначення залежності між різними патологічними станами респіраторного тракту, може стати вдалою спробою розуміння наслідків впливу заходів імунопрофілактики грипу на захворюваність пневмонією, як ускладнення, що ним спричинене, а ефективність таких управлінських заходів в значній мірі залежить від збалансованої моделі забезпечення населення грипозними вакцинами для активної імунізації населення України. Навіть незначний зв'язок між захворюваністю на пневмонію та грип є надзвичайно важливим, оскільки певна кількість випадків захворювання на пневмонію може бути попереджена шляхом вакцинації проти грипу.

Метою роботи є створення математичної моделі оптимального забезпечення грипозними вакцинами як інструменту прогнозування попередженої кількості пневмоній, що виникають як ускладнення після перенесеного грипу.

Методи досліджень. Для досягнення поставленої мети був проведений інформаційний пошук даних щодо захворюваності на грип, ГРВІ, хронічні бронхіти та пневмонії. Проаналізовані офіційні статистичні дані за 2011-2013 рр. [2, 6, 18]. Відомо, що на рівні популяції захворюваність на пневмонію може корелювати із захворюваністю на грип та ГРВІ. На основі аналізу статистичних даних по кожному регіону України було запропоновано математичну модель, яка б чітко відображала такий кореляційний зв'язок між цими патологіями з наступнимискладовими:

P – кількість населення, що захворіло на пневмонію;

I – кількість населення, що захворіло на грип;

H – кількість населення з хронічними бронхітами;

G – кількість населення, що захворіло на інші вірусні ГРВІ.

Модель передбачає, що пневмонія може розвинути як на основі одного захворювання, наприклад, грипу або ГРВІ іншої етіології, так і на фоні одночасного виникнення інших патологій, наприклад, хронічних бронхітів (1).

$$P_i(I_i, H_i, G_i) = a_1 I_i + a_2 H_i + a_3 G_i + a_4 \sqrt{I_i H_i} + a_5 \sqrt{I_i G_i} + a_6 \sqrt{H_i G_i} + a_7 \sqrt[3]{I_i H_i G_i} + a_8, (1)$$

або за усіма регіонами в цілому:

$$\sum_{i=1}^{24} P_i(I_i, H_i, G_i) = \\ = \sum_{i=1}^{24} (a_1 I_i + a_2 H_i + a_3 G_i + a_4 \sqrt{I_i H_i} + a_5 \sqrt{I_i G_i} + a_6 \sqrt{H_i G_i} + a_7 \sqrt[3]{I_i H_i G_i} + a_8) (2)$$

де $a_1 - a_8$ – параметри моделі;
 i – індекс певного регіону.

Показники захворюваності на грип, хронічний бронхіт або ГРВІ є відомими статистичними даними, аневідомі коефіцієнти аіможна визначити, використавши метод найменших квадратів (3).

$$S(a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8) = \sum_{i=1}^{24} \left(\frac{P_i(I_i, H_i, G_i) - a_1 I_i - a_2 H_i - a_3 G_i - a_4 \sqrt{I_i H_i} - a_5 \sqrt{I_i G_i} - a_6 \sqrt{H_i G_i} - a_7 \sqrt{I_i H_i G_i} - a_8}{-a_4 \sqrt{I_i H_i} - a_5 \sqrt{I_i G_i} - a_6 \sqrt{H_i G_i} - a_7 \sqrt{I_i H_i G_i} - a_8} \right)^2 \rightarrow \min \quad (3)$$

Підходом до зменшення кількості пневмоній, як ускладнень після перенесеного грипу можна розглядати максимізацію кількості попереджених випадків захворювання на пневмонію після перенесеного грипу за допомогою вакцинації. При цьому основним параметром, що характеризує ефект імунізації проти грипу є ефективне охоплення населення програмою імунізації в певному регіоні p_i (4).

$$p_i = \frac{B_i}{\text{cost} \cdot N_i} \cdot E_f(4)$$

де B_i – регіональний бюджет програми імунізації,
 cost – вартість однієї дози грипозної вакцини,
 N_i – населення i -того регіону,
 E_f – протективна ефективність грипозної вакцини.

З урахуванням ефективного охоплення населення вакцинами максимізація цільової функції досягається завдяки оптимальному перерозподілу коштів B_i між регіонами при фіксованому загальному бюджеті (5).

$$\sum_{i=1}^{24} \bar{F}_i(I, H, G) = \sum_{i=1}^{24} \left(a_1(p_i)I_i + a_4 \sqrt{(p_i)I_i H_i} + a_5 \sqrt{(p_i)I_i G_i} + a_7 \sqrt{(p_i)I_i H_i G_i} \right) \rightarrow \max \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^{24} B_i = \text{const}$$

Результати. На основі статистичних даних щодо захворюваності на грип та ГРВІ, хронічні бронхіти та пневмонії за 2011-2013 рр. було визначено параметри математичної моделі, що визначає функціональний зв'язок між цими патологіями a_{1-8} :

$$a_1=1; a_2=0.4; a_3=0.1; a_4=-0.7; a_5=-0.4; a_6=-0.1; a_7=0.7; a_8=2193$$

За визначеними параметрами функціонального зв'язку між досліджуваними патологіями респіраторного тракту було побудовано оптимізаційну модель (6), яка відображає максимальну кількість попереджених випадків пневмонії після перенесеного грипу, тобто зменшує кількість постгрипозних ускладнень в цілому.

$$\sum_{i=1}^{24} \bar{F}_i(I, H, G) = \sum_{i=1}^{24} \left(\frac{1 \cdot (p_i)I_i - 0.7 \cdot \sqrt{(p_i)I_i H_i} - 0.4 \cdot \sqrt{(p_i)I_i G_i} + 0.7 \cdot \sqrt{(p_i)I_i H_i G_i}}{-0.4 \cdot \sqrt{(p_i)I_i G_i} + 0.7 \cdot \sqrt{(p_i)I_i H_i G_i}} \right) \rightarrow \max(6)$$

$$\sum_{i=1}^{24} B_i = \text{const}$$

ІНФЕКЦІЙНІ ХВОРОБИ

Використання такої оптимізаційної моделі може бути проілюстроване на прикладі тривалентної субодиночної інактивованої вакцини для профілактики грипу, до складу якої входять очищені поверхневі антигени вірусів грипу типів А і В, в тому числі подібного до пандемічного штаму H1N1. Склад вакцини відповідає рекомендаціям ВООЗ для Північної півкулі та рішенням ЄС для сезону 2014/2015. В середньому ефективність вакцини становить 85% (72-97%) [19]. Вартість такої вакцини за цінами в епідемічний сезон 2014-2015 рр. становили 90-110 грн, а в середньому – 100 грн. Для проведення щеплень імунобіологічні препарати закупляються переважно за рахунок коштів підприємств та місцевих бюджетів. Проведення моделювання показало, що навіть один мільйон гривень, витрачений на програму імунізації населення України, зможе попередити близько 4500 випадків пневмонії (табл.).

Таблиця

Результати моделювання

Область України	Середня кількість випадків пневмонії [6]	Можлива кількість попереджених випадків пневмонії, млн.		
		1	5	16
Витрачені кошти на програму імунізації, млн. грн	0	1	5	16
Охоплення вакцинацією, %	0	0,025	0,125	0,4
Вінницька	8058	272	455	528
Волинська	6189	25	51	66
Дніпропетровська	16414	644	1061	1223
Донецька	16290	565	935	1079
Житомирська	5654	142	211	233
Закарпатська	4808	37	75	95
Запорізька	7406	88	135	150
Ів.-Франковська	6889	125	232	283
Київська	11451	328	528	602
Кіровоградська	4921	96	169	200
Луганська	9362	130	234	280
Львівська	11836	354	586	676
Миколаївська	5766	134	243	294
Одеська	10335	360	634	751
Полтавська	7971	174	287	330
Рівненська	5767	164	258	292
Сумська	5450	109	184	214
Тернопільська	5042	58	112	138
Харківська	8461	164	323	405
Херсонська	5794	98	191	237
Хмельницька	5755	152	268	319
Черкаська	6140	144	250	293
Чернівецька	5165	36	70	88
Чернігівська	6073	155	213	252
Всього	186997	4554	7705	9028

З початку епідемічного сезону вакциновано проти грипу 147252 особи - 0,4% від населення України [2]. За нашими розрахунками такий рівень охоплення вакцинами може запобігти приблизно 9 тисяч випадків ускладнень.

Висновки. На кафедрі вірусології НМАПО імені П.Л. Шупика розроблено математичну модель функціонального зв'язку між грипом, ГРВІ та пневмоніями, як ускладненнями, що викликані цією вірусною інфекцією, як критерію оптимального забезпечення населення України грипозними вакцинами. На прикладі показано, що розроблена модель дозволяє прогнозувати кількість пневмоній, як постгрипозних ускладнень, що можуть бути попереджені шляхом вакцинопрофілактики грипу. Показано, що впровадження програми вакцинації грипозними вакцинами має значний ефект зменшення захворюваності пневмоніями в Україні. Такі підходи можуть стати першим кроком в Україні при створенні експертної системи оцінки наслідків програм імунізації вакцинами проти грипу, яка може бути використана організаторами та експертами охорони здоров'я різних рівнів.

Література

Зайцев А.А. Грипп: диагностика и лечение / А.А. Зайцев, А.И. Синопальников // Русский медицинский журнал. – 2008. – №16(22). – С. 1494–1496. Інформаційні бюлетні що ситуації грипу та ГРВІ в Україні. Доступ з сайту: <http://www.cses.gov.ua/aktualni-pitannya/>.

Діагностика, лікування та профілактика грипу / І. В. Дзюблик, С. Г. Вороненко, А. П. Міроненко, Н. О. Виноград. – К.: Медкнига, 2011. – 190 с.

Внебольничная пневмония у взрослых. Практические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике / Чучалин А.Г., Синопальников А.И., Козлов Р.С. [и др.]. – М., 2010. – 106 с.

Talbot TR. Seasonality of invasive pneumococcal disease: temporal relation to documented influenza and respiratory syncytial viral circulation/ TR Talbot, KA Poehling, TV Hartert [et al] // Am. J. Med. – 2005. – №118. –Р. 285–291.

Порівняльні дані про розповсюдженість хвороб органів дихання і медичну допомогу хворим на хвороби пульмонологічного та алергологічного профілю в Україні за 2006-2013 рр. / Під ред. проф. Ю.І. Фещенко. – К., 2014. – 43 с.

Дзюблик О.Я. Спектр вірусних збудників у хворих на негоспітальну пневмонію / О.Я. Дзюблик, І.В. Дзюблик, Р.Є. Сухін [та ін.] // Укр. пульмонолог. журнал. -2010. - № 1. - С. 27-30.

Дзюблик Я.О. Ретроспективний аналіз захворюваності на грип та пневмонії в окремих регіонах України та синергізму між ними / Я.О. Дзюблик, С.О. Соловйов // Проблеми екології і медицини. – 2014. – Т. 18, № 3-4. – С. 19–23.

Про затвердження Загальнодержавної програми імунопрофілактики та захисту населення від інфекційних хвороб на 2009 – 2015 роки: Закон України від 21 жовтня 2009 року №1658-VI [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.zakon.rada.gov.ua>.

Про затвердження Міжгалузевої комплексної програми «Здоров'я нації» на 2002-2011 роки: Постанова КМУ від 10 січня 2002 р. №14 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.zakon.rada.gov.ua>.

Про захист населення від інфекційних хвороб: Закон України від 06.04.2000 р. № 1645 – III [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.zakon.rada.gov.ua>.

ІНФЕКЦІЙНІ ХВОРОБИ

Про заходи щодо профілактики і боротьби з грипом та гострими інфекціями в Україні: Наказ МОЗ України від 09.02.1998 №30 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.moz.gov.ua>.

Про порядок проведення профілактичних щеплень в Україні та контроль якості й обігу медичних імунобіологічних препаратів: Наказ МОЗ України від 03.02.2006 №48 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.moz.gov.ua>.

Голованова І. А. Нормативно-правові аспекти організаційно-управлінських заходів щодо профілактики грипу та ГРВІ / І. А. Голованова, О. В. Гапон, В. Л. Філатова // Світ медицини та біології. - 2012. - № 1. - С. 50-52.

Matrajt L. (2013) Optimal Vaccine Allocation for the Early Mitigation of Pandemic Influenza / L. Matrajt, M.E. Halloran, I.M. Jr. Longini // PLoS Comput Biol. -2013. -№9(3).-e1002964.

Aaby K. Embracing computer modeling to address pandemic influenza in the 21st century / K.Aaby, R.Abbey, J. Herrmann [et al] // J. Public Health Manag. Pract. -2006. -№12(4).-P. 365–372.

Державний комітет статистики України. Доступ з сайту: <http://www.ukrstat.gov.ua/>

ІНФЛУВАК® вакцина для профілактики гриппа, поверхностный антиген, инактивированная. Доступ з сайту: <http://compendium.com.ua/info/82346>

*И.В. Дзюблик, С.А. Соловьев, В.В. Мальчиков,
Т.А. Дыхановская, А.А. Федченко*

Оптимальное обеспечение вакциной против гриппа населения Украины как подход к уменьшению количества постгриппозных осложнений

Национальная медицинская академия последипломного образования имени П.Л. Шупика,

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт»,

Центр гриппа и ОРВИ ГУ «ЦЭС» МЗ Украины

Введение. В Украине грипп и другие острые респираторные вирусные инфекции (ОРВИ) остаются наиболее распространенной инфекционной патологией. Анализ статистических данных с использованием методов математического моделирования может стать удачной попыткой понимания последствий воздействия мер иммунопрофилактики гриппа на заболеваемость пневмонией, как осложнение, которым им вызвано.

Цель. Создание математической модели оптимального обеспечения гриппозными вакцинами как инструмента прогнозирования предупрежденного количества пневмоний, возникающих как осложнения после перенесенного гриппа.

Методология исследования. Предложено математическую модель, которая бы четко отражала корреляционную связь между пневмонией, гриппом, ОРВИ и хроническими бронхитами и служила подходом к решению задачи максимизации количества предупрежденных случаев заболевания пневмонией после перенесенного гриппа с помощью вакцинации.

Результаты. На основе статистических данных были определены параметры предложенной оптимизационной модели обеспечения населения Украины вакцинами против гриппа в условиях ограниченного бюджета. Приведен пример

ее использования и показано, что лишь один миллион гривен, потраченный на программу иммунизации и распределенный рационально между регионами страны, позволит предотвратить около пяти тысяч случаев пневмонии в Украине.

Выводы. Разработанная модель может стать первым шагом в создании экспертной системы оценки последствий программ иммунизации вакцинами против гриппа, которая может быть использована организаторами и экспертами здравоохранения разных уровней.

Ключевые слова: грипп, ОРВИ, хронические бронхиты, пневмония, вакцинация, оптимизация.

*I.V. Dzyublyk, S.O. Soloviov, V.V. Malchikov,
T.A. Dykhanovska, O.A. Fedchenko*

Optimal supply of Ukrainian population with influenza vaccines as an approach for reducing the number of postinfluenza complications

**Shupyk National Medical Academy of Postgraduate Education,
National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute",
Center of Influenza and ARVI of SI "CSES" of Ministry of Health of Ukraine**

Introduction. In Ukraine influenza and other acute respiratory infections (ARI) are the most common infectious diseases. Analysis of statistical data using methods of mathematical modeling may be successful attempt for understanding the effects of influenza immunization on the incidence of pneumonia, as postinfluenza complication.

The aim. The development of mathematical model to ensure optimal supply with influenza vaccines as a tool for projecting prevented number of pneumonia cases occurring as complications after suffering flu.

Research methodology. There was proposed mathematical model, which clearly reflects the correlation between pneumonia, influenza, other viral ARI and chronic bronchitis and serves as an approach for solving the problem of maximizing the number of warned cases of pneumonia after suffering influenza with vaccination.

Results. Based on the statistical data there were determined the parameters of the proposed optimization model to supply the population of Ukraine with influenza vaccines in conditions of limited budget. With the example of its use it was shown that only one million grivnas, spent on immunization programme and rationally distributed among the regions of Ukraine, will prevent about five thousand cases of pneumonia.

Conclusions. The proposed model could be the first step in creating an expert system for evaluation of the effects of immunization programs, which could be used by health experts of different levels.

Key words: influenza, ARVI, chronic bronchitis, pneumonia, vaccination, optimization.

Відомості про авторів:

Дзюблик Ірина Володимирівна - д. мед. н., професор, завідувач кафедри вірусології НМАПО імені П.Л. Шупика, тел.: (044) 456-28-89.

Соловійов Сергій Олександрович - к. біол. н., старший науковий співробітник Національної медичної академії післядипломної освіти імені П.Л. Шупика. Адреса: Київ, вул. Дорогожицька, 9, тел.: (044)-205-49-88.

Мальчиков Володимир Вікторович - старший викладач кафедри прикладної математики Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут».

Дихановська Тетяна Альбертівна - завідувач центру грипу та ГРВІ Державного закладу «ЦСЕС» Міністра охорони здоров'я України.

Федченко Олександра Андріївна - магістрантка кафедри прикладної математики Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут».