

*ТОМАШЕВСЬКИЙ В.М.,
ГРЕГУЛЬ В.В.,
НАЗАРУК О.В.,
ТИМОШЕНКО Я.Я.*

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВПЛИВУ НА ФАКТОРИ РИЗИКУ СИСТЕМИ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я ЗАСОБАМИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

У статті запропоновано новий підхід до дослідження галузі охорони здоров'я з врахуванням динамічній взаємодії всіх підсистеми. Побудована імітаційна модель оцінює вплив різних факторів та ризиків на стан здоров'я та запропонувати найбільш ефективні шляхи нейтралізації негативних впливів. Отримані результати вказують на можливі шляхи покращення ефективності системи охорони здоров'я, а також мінімізації її видатків.

This article proposes a new approach to the study of health, taking into account the dynamic interaction of all subsystems. Simulation model, which was created is able to evaluate the influence of various factors and risks to health and to offer the most effective ways to neutralize the negative impacts. The results indicate possible ways of improving health system efficiency and minimize its costs.

Вступ

Стрімкий розвиток медичних наук, що спостерігається протягом останнього часу, швидке збільшення інформації про причини, патогенез, профілактику та лікування різних захворювань, дозволяє вводити нові методи дослідження впливів на здоров'я людей та модифікувати всю систему охорони здоров'я (СОЗ). Сучасний рівень медичних знань дозволяє оцінювати опосередковані впливи на стан здоров'я людини та попереджувати виникнення хвороб через усунення або нейтралізацію медичних, соціальних, психологічних та інших факторів ризику, зокрема впливу навколишнього середовища, таким чином зменшуючи захворюваність і витрати на лікування. Такий аналіз можливий лише за допомогою використання інформаційних технологій, що спираються на методи моделювання, системного аналізу та теорії прийняття рішень.

Серед існуючих робіт по застосування інформаційних систем у медицині слід відзначити праці [1, ..., 5]. Їх метою є ефективний аналіз великого обсягу медичних даних і прийняття відповідних рішень. До того ж, у працях [1, 2] розроблено програмні додатки для автоматизації згаданих задач. Однак жодна з праць не пропонує принципово нову концепцію системи охорони здоров'я в цілому, а орієнтується на порівняно вузькі, спеціалізовані аспекти галузі і не передбачає внесення змін у структуру функціонування системи. Проблема оптимізації та реструк-

туризації медичної служби в збройних сил України (ЗСУ) залишається актуальною і досі відкритою.

Постановка задачі

Сучасний стан СОЗ не враховує повній мірі можливі причини виникнення будь-яких хвороб. На сьогодні необхідно розглядати впливи факторів, що стосуються не лікування, а недопущення хвороби (далі не медичні фактори). Вони включають здоровий спосіб життя, спортивну активність, збалансовану дієту, гігієну, відмову від шкідливих звичок, а також соціально-економічне та психологічне благополуччя. Як показано у науковій праці [7] такі фактори мають дуже високий вплив на захворюваність і рівень смертності від хвороб. Метою роботи є створення моделі модифікованої СОЗ, що дозволить оцінити ефективність корегування впливів тих чи інших факторів ризику на функціонування СОЗ та запропонувати найбільш вигідні шляхи модифікації системи як з медичної точки зору (зменшення захворюваності) так і з фінансової (ефективне використання коштів).

Досліджується концепцію системи охорони здоров'я, що підвищує рівень здоров'я людей і зменшує витрати на лікування шляхом недопущення виникнення хвороби, впливаючи на медичні та не медичні фактори.

Для порівняння запропонованої концепції з існуючою системою створено і досліджено імі-

таційні моделі СОЗ з метою оцінювання характеристик ефективності.

Загальна концепція СОЗ ЗСУ

Узагальнений причинно-наслідковий цикл погіршення стану здоров'я можна описати наступним чином: здорові військовослужбовці під дією несприятливих факторів набувають шкідливих

звичок. Шкідливі звички призводять до розвитку у особи факторів ризику, які, у свою чергу, спричиняють гострі або хронічні захворювання, що призводить до втрати працездатності, незворотного погіршення стану здоров'я або смерті (рис. 1). На рисунку позначено о/с – особливий склад.

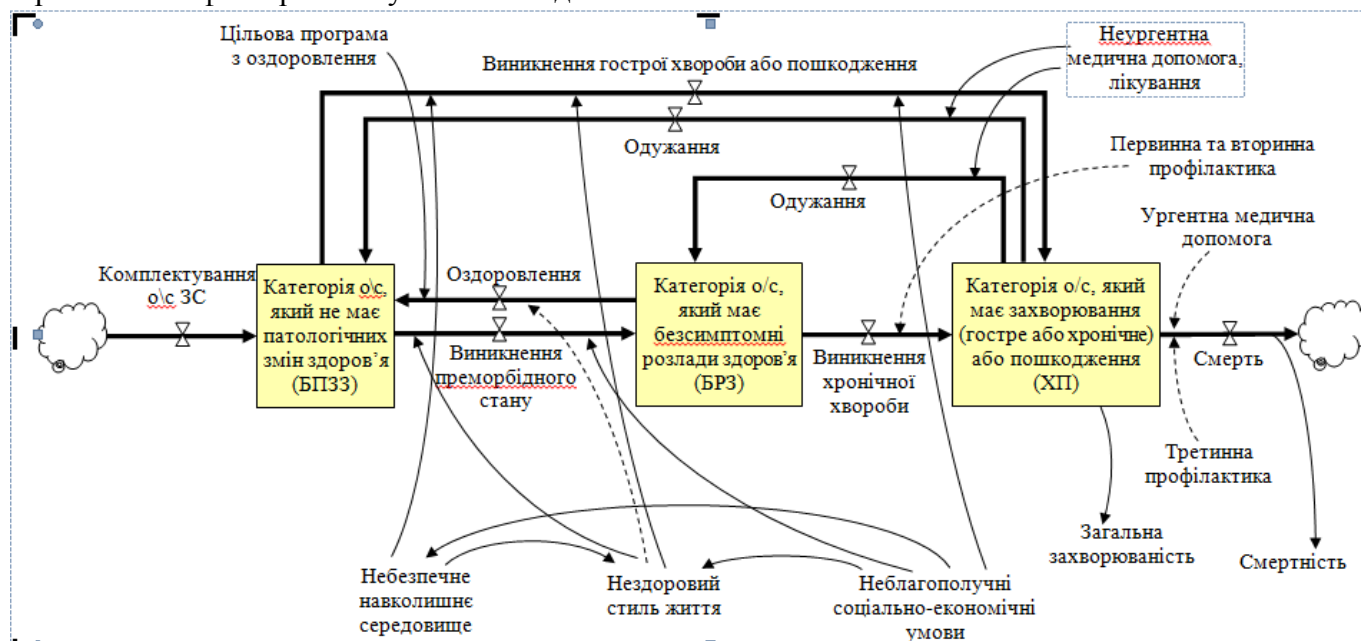


Рис. 1. Вплив різних факторів на стан здоров'я людей

Існує також і обернений цикл – процес відновлення попереднього стану здоров'я або не погіршення поточного стану. Наприклад: боротьба зі шкідливими звичками допоможе частині людей відмовитись від них, таким чином повертаючись у категорію здорових, тобто істотно зменшуючи імовірність набуття цими людьми факторів ризику. Також можливе лікування, яке не допускає розвиток більш тяжких форм захворювання. Пацієнти, яких вилікували від шкідливих звичок переходять або у категорію повністю здорових, або у категорію людей із шкідливими звичками в залежності від ефективності боротьби.

Модель СОЗ була б неповною, якщо не розглядати природне старіння організму. Так, із збільшенням віку особи, збільшується захворюваність, підвищується складність нозології, витрачається більше коштів на лікування і утримання пацієнта. Окрім того, зменшується ефективність лікування і значно зменшується результативність боротьби із шкідливими звичками і пропаганди здорового способу життя [8-11].

Відомо, що СОЗ фінансується із бюджету України, тому в моделі необхідно врахувати

вплив фінансових витрат на СОЗ. Постійні витрати нараховуються незалежно від стану здоров'я військовослужбовця. До них належать: харчування, забезпечення житлом та іншими матеріальними цінностями, а також виплата заробітної платні офіцерам та військовослужбовцям-контрактникам. Змінні витрати – це витрати на профілактику, ранню діагностику, лікування тощо. Змінні витрати збільшуються із збільшенням числа хворих, а також залежать від наявності неперервного фінансування. Тобто можна припустити, що при нестачі коштів припиняється профілактика і лікування хворих. Створена модель дає змогу проаналізувати співвідношення кількості витрачених коштів і стану боєздатності військовослужбовців.

Експерименти з моделлю проводяться для того, щоб знайти відповіді на такі запитання:

- чи існують в СОЗ фактори, що можуть призвести до суттєвого покращення загального стану здоров'я за відносно невеликі кошти;
- чисельно визначити, як профілактика і рання діагностика у молодому віці впливає на зменшення захворюваності у майбутньому;

- знайти таке поєднання зусиль, що за безпечить максимальну працездатність при найбільшій можливій тривалості життя (професійне довголіття);
- найкраще співвідношення кількості боєздатних осіб до витрачених коштів;
- мінімально необхідне фінансування на забезпечення деякого заданого відсотку боєздатних осіб із загального числа військовослужбовців.

Імітаційна модель побудована за принципами системної динаміки і складається з фондів, потоків і конвертерів [12]. Фонди слугують резервуарами для накопичення числа військовослужбовців відповідних категорій з відповідним станом здоров'я. Вони наповнюються та вичерпу-

ються потоками, які за характером використання розділяються на обмежені і необмежені, односпрямовані і двоспрямовані. Інтенсивність потоку задається певною функцією, коефіцієнти якої, як правило, зберігають у конвертерах. Цими коефіцієнтами можуть бути як наперед задані константи, так і регульовані змінні. Коефіцієнти-конвертери, значення яких можна змінювати в процесі моделювання, зображуються із регулятором у середині.

На рис. 2 представлена взаємодія основних фондів і потоків першого, найбільш загального, варіанта моделі зміни стану здоров'я військовослужбовців.

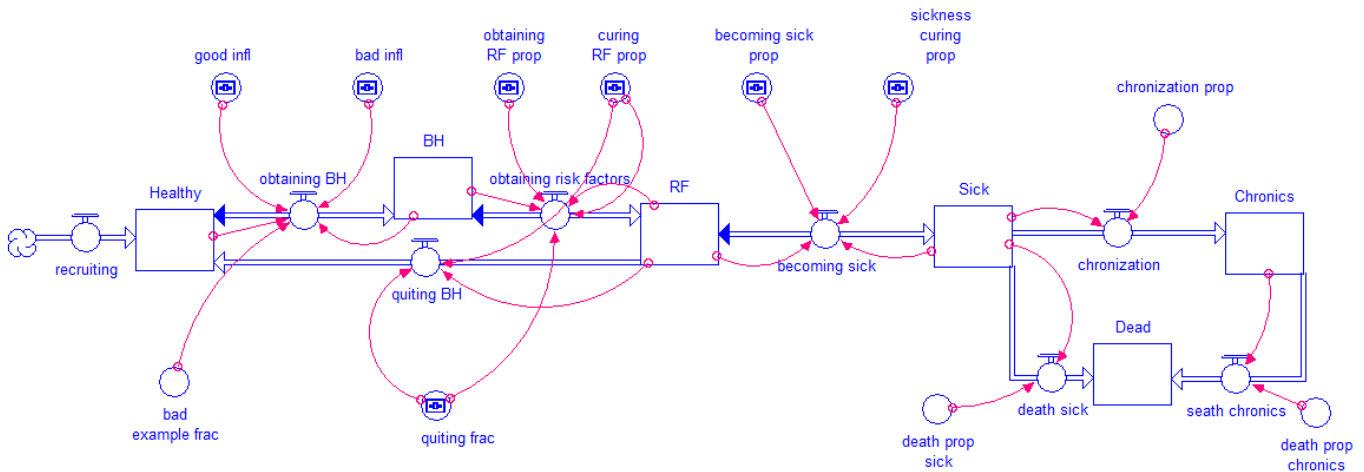


Рис. 2. Узагальнена модель зміни стану здоров'я військовослужбовців

У моделі використовуються наступні фонди:

- HEALTHY – повністю здорові;
- BH (Bad Habits) – із шкідливими звичками (паління, алкоголізм, а також малорухливий спосіб життя, незбалансоване харчування, недотримання гігієни тощо);
- RF (Risk Factors) – мають фактори ризику – розлади здоров'я, що безпосередньо не призводять до втрати працездатності, але без вчасного лікування через певний час викликають серйозніші захворювання: гіпертонію, ожиріння, цукровий діабет і т.ін.;
- SICK – гостро хворі, тимчасово непрацездатні;
- CHRONICS – хронічно хворі, постійні обмеження працездатності;
- DEAD – померли внаслідок хвороби.

Позначені на рис. 2 двоспрямовані потоки (biflow) задають:

- OBTAINING BH – набуття або позбавлення шкідливих звичок;

- OBTAINING RF – набуття або позбавлення факторів ризику;
- BECOMING SICK – розвиток хвороби або одужання.

Односпрямовані потоки задають:

- RECRUITING – поповнення армії (для спрощення розглядається тільки поповнення за рахунок весняного і осіннього призивів);
- QUITTING BH – позбавлення шкідливих звичок після проходження успішного курсу лікування;
- CHRONIZATION – набуття хронічних захворювань;
- DEATH SICK – смерть внаслідок гострої хвороби;
- DEATH CHRONIC – смерть внаслідок загострення хронічної хвороби.

У моделі використовуються наступні регульовані конвертери:

- GOOD INFL – агреговані позитивні впливи, направлені на відмову від шкідливих звичок (включають надзвичайно широкий спектр впли-

вів від пропаганди здорового способу життя до покращення умов життя, зменшення стресу, надання послуг психолога, створення умов для занять спортом і доступність здорового харчування тощо);

– **BAD INFL** – агреговані негативні впливи, що призводять до появи шкідливих звичок а також стресу, перевантаження на роботі, погані соціальні умови життя тощо;

– **QUITTING FRAQ** – відсоток людей, що відмовляються від шкідливих звичок, який пропорційний витраченому часу спеціалістами-психологами з боротьби із шкідливими звичками;

Конвертори, які задаються константами:

– **BAD EXAMPLE FRAC** – коефіцієнт «поганого прикладу» (чим більше людей мають шкідливі звички, тим імовірніше інші люди будуть їх набувати);

– **OBTAINING RF PROP** – імовірність розвитку факторів ризику в результаті впливу шкідливих звичок;

– **CURING RF PROP** – імовірність успішного лікування факторів ризику, яка в першу чергу, залежить від ранньої діагностики;

– **BECOMING SICK PROP** – імовірність розвитку тяжкого (гострого) захворювання із-за факторів ризику;

– **SICKNESS CURING PROP** – імовірність успішного лікування хвороби;

– **CHRONIZATION PROP** – імовірність хронічного розвитку хвороби;

– **DEATH SICK PROP** – імовірність смерті внаслідок хвороби;

– **DEATH CRON PROP** – імовірність смерті внаслідок гострої хвороби.

Розширена модель враховує процеси старіння, які моделюються за допомогою послідовного переходу людей по віковим групам: до 20, до 30, до 40 і до 50 років [13,14]. Згадані вікові групи представлені у моделі відповідними фондами. У моделі, для наочності, категорії «здорові», «зі шкідливими звичками» та інші виділяються в окремі сектори. Коефіцієнти, що змінюють інтенсивності потоків моделі у конвертерів, задані як масив коефіцієнтів, де індекси цих масивів визначають вікові групи.

Для того, щоб замкнути причинно-наслідковий цикл, введемо залежність від фінансування. Замкнений ланцюг міркувань виглядає так: чим більше здорових військовослужбовців, тим дешевше їх утримувати і тим вища боєздатність армії, але при цьому зрос-

тають витрати на підтримання здоров'я військовослужбовців. Основна мета – знайти таке співвідношення витрат на профілактику і на лікування, при якому буде забезпечений бажаний відсоток здорових військовослужбовців при мінімальних витратах коштів.

Повна модель з відповідними блоками представлена на рис. 3.

Модель відтворює процеси фінансування у Збройних сил (ЗС) за допомогою блоку бюджет (**BUDGET**), у якому на початок моделювання є певний залишок коштів. Раз у рік, бюджет збройних сил поповнюється надходженнями з Державного бюджету (потік **BUDGETING**). Щомісяця з бюджету ЗС фінансуються (потік **UPKEEP**) служба охорони здоров'я ЗС і утримання армії.

Для визначення управлінських дій в медичній службі на основі вище наведених моделей необхідно провести серію експериментів за заданими сценаріями для визначення найкращих управлінських рішень.

Аналіз результатів експериментів

Розглянемо три сценарії, які визначають профілактику захворювань, покращення соціального та психологічного стану осіб, що обслуговуються СОЗ ЗСУ і проведення соціальних та економічних заходів, що сприяють відмові від шкідливих звичок.

Для дослідження впливу кожної групи факторів проведемо такі експерименти:

- рівний розподіл зусиль між факторами (стандартний бюджет);
- відмова від впливу на соціальні та психологічні фактори на користь профілактики захворювань при стандартному бюджеті;
- близький до найкращого розподіл зусиль при збільшенні бюджету на 40 %.

За результатами експериментів, наведеними у табл. 1 та табл. 2 при рівному розподілі зусиль СОЗ веде себе нестабільно через нестачу коштів (занадто велика частка бюджету іде на задоволення соціальних потреб, і, як наслідок, не вистачає коштів на будь-що інше). Чисельність ЗС при такій стратегії нестабільна і недостатня.

У випадку з виключенням впливу на соціальні та психологічні фактори чисельність і витрати стабілізуються, але рівень здоров'я військовослужбовців незадовільний, занадто висока захворюваність та хронічні захворювання.

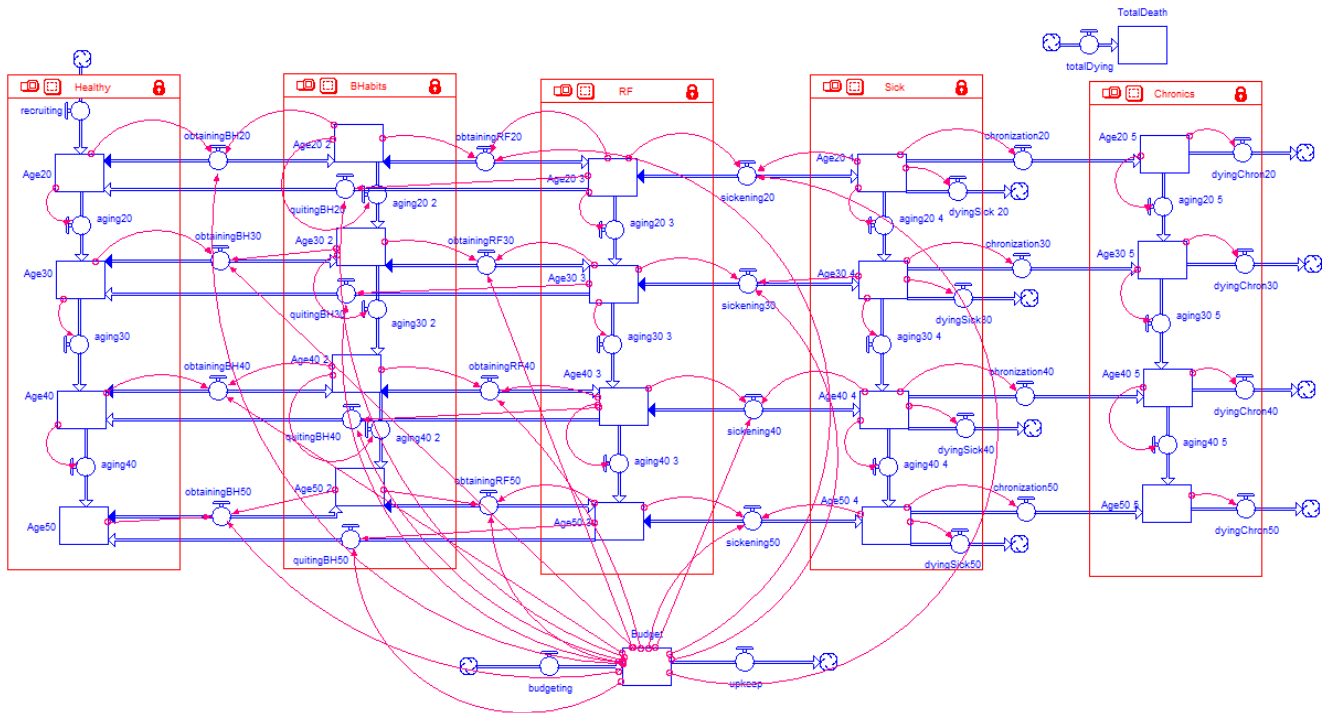


Рис. 3. Модель, яка визначає рівень здоров'я військовослужбовців з урахуванням залежності від фінансування СОЗ

Табл. 1. Бюджет на кінець періоду та періодичні витрати

Bad Infl	Good Infl	Buiting BH	5p.		10p.		15p.		20p.		25p.		40p.	
			upk	budg	upk	budg	uupk	budg	Uupk	budg	upk	budg	upk	budg
0.5	0.5	0.5	5.5	8	3,45	8.	3,5	7,8	3,5	7,8	3,5	7,8	3,5	7,8
1	0.6	0.5	10	7	11	6	11	8	10	6	12	4	11	6
0.8	0.9	0.9	22	13	23	13	22	13	23	13	22	13	23	13

Табл. 2. Чисельність ЗС за групами здоров'я та загальна чисельність

	BadInfl	GoodInfl	Quiting	5p.	10p.	15p.	20.p	25p.	40p.
SumHealthy	0.5	0.5	0.5	250	400	300	300	300	300
SumBH	0.5	0.5	0.5	200	350	250	250	250	250
SumRF	0.5	0.5	0.5	50	100	100	100	100	100
SumSick	0.5	0.5	0.5	25	50	50	50	50	50
SumChron	0.5	0.5	0.5	125	150	130	130	130	130
SumHealthy	1	0.6	0.5	350	350	350	350	350	350
SumBH	1	0.6	0.5	300	300	300	300	300	300
SumRF	1	0.6	0.5	75	75	75	75	75	75
SumSick	1	0.6	0.5	50	50	50	50	50	50
SumChron	1	0.6	0.5	100	100	100	100	100	100
SumHealthy	0.8	0.9	0.9	600	600	600	600	600	600
SumBH	0.8	0.9	0.9	350	350	350	350	350	350
SumRF	0.8	0.9	0.9	75	75	75	75	75	75
SumSick	0.8	0.9	0.9	50	50	50	50	50	50
SumChron	0.8	0.9	0.9	80	80	80	80	80	80

Висновки

У випадку із збільшенням бюджету можемо бачити, що такі дії дозволяють використовувати кошти ефективніше, чисельність ЗС зростає і стабільна, захворюваність значно знизилась, хронічні захворювання також значно зменшились.

Проведені дослідження щодо СОЗ ЗС показують, що потрібно збільшення фінансування на 30-40 % для ефективного запровадження різноманітних програм, спрямованих на профілактику

і попередження захворювань і підвищення рівня здоров'я для боєздатності ЗСУ.

Серед неочікуваних результатів потрібно відзначити невисоку ефективність різкого покращення соціальних умов, без проведення великої кількості профілактичних і попереджувальних заходів. Це зумовлено дуже високою вартістю таких дій. Проведення роботи з особовим складом та впровадження профілактичних програм набагато ефективніше покращує СОЗ в цілому. Однак

повне знехтування соціальними факторами також може призвести до негативних змін.

Таким чином можна зробити висновок, що кошти на покращення рівня життя та зменшення соціального тиску слід виділяти з огляду на нормальне фінансування профілактичних і попереджувальних заходів. Така стратегія дозволить майже вдвічі покращити показники СОЗ ЗСУ та на 40-50 % підвищити боєздатність ЗСУ.

Література

1. Марценюк В.П. Компьютерно-математическое моделирование процессов с последствием в медицине // Радиоэлектроника. Информатика. Управление. – 2001. – № 2. – С. 102-106
2. Марценюк В.П., Лісничук Н.Є., Баранюк І.О. Системний аналіз медичних наукових досліджень у динаміці патологічних процесів // Штучний інтелект. – 2004. – № 1. – С. 66-72
3. Лопін Євгеній Борисович. Наукове обґрунтування та розробка моделі завантаження лікувальних закладів охорони здоров'я пацієнтами : Дис... канд. наук: 14.03.11 – 2008
4. В.П. Марценюк. Про Web-інтегроване програмне середовище підтримки медичних системних досліджень // Тернопільська державна медична академія, Україна // http://iai.dn.ua/public/JournalAI_2004_4/Razdel2/08_Martsenyuk.pdf
5. Моделювання процесу управління системою охорони здоров'я Державної прикордонної служби України Ю.В. Вороненко, В.П. Мегедь Національна медична академія післядипломної освіти ім. П.Л. Шупика Управління охорони здоров'я Державної прикордонної служби України http://www.umj.com.ua/wp-content/uploads/archive/71/pdf/1442_ukr.pdf?upload=
6. Томашевський В.М. Моделювання систем. [Текст]// К.: Видавнича група ВНУ, 2005. – 352 с
7. Левченко Ф.М. Системна динаміка лікувально-профілактичного забезпечення військ (сил): нові технології управління організаційно-медичними процесами // Збірник праць Першого Всеукраїнського з'їзду "Медична та біологічна інформатика і кібернетика" з міжнародною участю. – Київ, 2010. – С. 58.
8. Levi J. Prevention for a healthier America: investments in disease prevention yield significant savings, stronger communities // Levi J., Segal L.M., Juliano C. // Washington, DC: Trust for America's Health; July, 2008. [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://healthyamericans.org/reports/prevention08.pdf>
9. Schoen C. Bending the curve: options for achieving savings and improving value in U.S. health spending // Schoen C., Guterman S., Shih A., Lau J., Kasimow S., Gauthier A., Davis K. // New York, NY: Commonwealth Fund; December 18, 2007. [Електронний ресурс] // Режим доступу: http://www.commonwealthfund.org/publications/publications_show.htm?doc_id=620087
10. Hirsch G. Achieving health care reform in the United States: toward a whole-system understanding // Hirsch G., Homer J., McDonnell G., Milstein B. // 23rd International Conference of the System Dynamics Society; Boston, MA; July 17-21, 2005. // [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://www.systemdynamics.org/conf2005/proceed/papers/HIRSC406.pdf>
11. Homer J. System Dynamics Applications at the Federal Centers for Disease Control and Prevention [Текст]// Institute on Systems Science and Health University of Michigan School of Public Health May 6, 2009
12. Сайт розробників системи імітаційного моделювання Stella (TM) [Електронний ресурс] // Режим доступу: www.iseesystems.com/software/Education/StellaSoftware.aspx
13. Hirsch G. A System Dynamics Model for Planning Cardiovascular Disease Interventions [Текст]/ Hirsch G., Homer J. // American Journal of Public Health Vol. 100, No. 4 616-622 April 2010
14. Milshstein B. "HealthBound" Policy Simulation Game. Overall Design, Preliminary Insights, and Future Directions // Milstein B., Hirsch G., Homer J. // [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://www.cdc.gov/healthbound/>