

УДК 004.056(075.8)

DOI: 10.31673/2412-9070.2021.032734

В. М. АХРАМОВИЧ, канд. техн. наук, ст. наук. співробітник;

О. В. ВДОВИЧЕНКО, магістр;

А. Ю. ЗАГИНЕЙ, магістр,

Державний університет телекомунікацій, Київ

МЕТОД РОЗРАХУНКУ ЗАХИСТУ ПЕРСОНАЛЬНИХ ДАНИХ ВІД ДОВІРИ МІЖ КОРИСТУВАЧАМИ ТА ІНТЕНСИВНОСТІ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ У СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ

Розроблено математичну модель та проведено дослідження моделі захисту персональних даних від довіри між користувачами та інтенсивності передавання даних у соціальних мережах.

Розглянуто залежності: величини потоку інформації в соціальній мережі від складових захисту інформації, кількості персональних даних та швидкості потоку даних; захищеності системи від розмірів системи (як і від кількості персональних даних); загроз безпеки інформації від втрати довіри між користувачами.

Як розв'язок здобуто рівняння гармонічного осцилятора, яке розпадається на три випадки: дорезонансна зона, резонансна та зарезонансна.

Доведено, що система захисту соціальної мережі нелінійна.

Ключові слова: довіра; загроза; ресурс; безпека; персональні дані; соціальна мережа; потік; інформація; дані; витік; коефіцієнт; рівняння; система; позиція; диференціал; результати; відхилення; диференціювання; осцилятор; амплітуда; умова; дисипація.

Вступ

Постановка проблеми. *Довіра* — це складні ментальні відносини позиції довіра когнітивного користувача X (ментальний стан), що характеризують його мислення, стосовно вибраної суті користувача Y з приводу очікуваної поведінки/дії α , що має значення для досягнення мети G (конкретний стан світу, необхідне і бажане X). Користувач X , по суті, делегує виконання α .

Постало питання теоретичне та практичне, як дослідити вплив зазначених відносин на систему захисту персональних даних у соціальній мережі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботах [1; 2] досліджуються основні параметри соціальних мереж з отриманням графічних залежностей. Математичні моделі довіри та репутації користувачів у соціальних мережах з візуалізацією графічних залежностей розглянуто в статті [3]. У [4] наведено моделювання і візуалізацію соціальних мереж та аналіз взаємодії вершин графа. Метод розрахунку захисту інформації від взаємовпливу користувачів у соціальних мережах досліджується в роботі [5], а нелінійних систем — у [6].

Метою статті є дослідження впливу довіри та власних складових параметрів соціальної мережі на параметри захисту персональних даних.

Основна частина

У класичному підході до захисту персональних даних розрізняють:

$$T_i = [D_j, D_n, D_m, D_k], \quad (1)$$

де T_i — множина загроз від втрати довіри між користувачами; D_j — довіра на надання послуг. Людина довіряє стороні в наданні якісних послуг провайдером послуг або ресурсів; D_n — довіра делегування (*delegation trust*) описує довіру в користувача (представника), що діє й ухвалює рішення від імені сторони, якій довіряє; D_m — довіра доступу (*access trust*) описує довіру зі сторони (провайдера) до користувача, яким надається доступ до ресурсів. Це — контроль доступу; D_k — контекстна довіра використовується в системах автентифікації і визначає міру віри учасника в необхідні системи та інституційні механізми, що підтримують транзакції і забезпечують безпеку мережі.

Втрата такої якості, як довіра — процес, що має часовий інтервал. Позначимо кількість інформації в системі через I , потік інформації за межі інформаційної системи через dI , а швидкість зміни цього потоку як $\frac{dI}{dt}$. Логічно, що якщо потік і швидкість зміни потоку дорівнюють нулю, то витоку інформації немає:

$$dI = 0; \quad \frac{dI}{dt} = 0. \quad (2)$$

Від чого може залежати витік інформації? Передусім від захищеності системи, тобто вжитих заходів із нейтралізації загроз безпеки персональних даних. Складемо рівняння:

© В. М. Ахрамович, О. В. Вдовиченко, А. Ю. Загинеї, 2021

$$\frac{dI}{dt} = Z_p Z + (C_v + C_K)I, \quad (3)$$

де Z_p — коефіцієнт впливу заходів щодо захисту інформації; Z — показник захищеності інформаційної системи; C_v — коефіцієнт впливу швидкості витоку персональних даних; C_K — коефіцієнт впливу кількості персональних даних на їх витік.

Інтерпретувати дане рівняння можна в такий спосіб:

- витік інформації залежить від розміру інформаційної системи (отже, якоюсь мірою і від кількості персональних даних) та від швидкості витоку персональних даних;
- витік інформації купірується захищеністю системи (заходами щодо нейтралізації загроз безпеки інформації).

Далі розглянемо, від чого залежить захищеність системи Z . Визначимо захищеність системи як здатність системи протистояти несанкціонованому доступу до конфіденційних персональних даних. Отже, захищеність системи залежатиме від такого:

- розмірів системи (як і від кількості персональних даних);
- загроз безпеки інформації від втрати довіри між користувачами.

Складемо рівняння:

$$\frac{dZ}{dt} = D_i - I(C_{d2} + C_{d1}), \quad (4)$$

де D_i — коефіцієнт впливу загроз безпеки персональних даних від втрати довіри між користувачами на захищеність інформаційної системи; C_{d2} — коефіцієнт впливу розмірів системи на захищеність; C_{d1} — коефіцієнт впливу захищеності на витік персональних даних. Об'єднаємо рівняння (3) і (4) в систему:

$$\begin{cases} \frac{dI}{dt} = Z_p Z + (C_v + C_K)I; \\ \frac{dZ}{dt} = D_i - I(C_{d2} + C_{d1}). \end{cases} \quad (5)$$

Визначимо стаціонарну позицію системи, що описується рівняннями (5) за умов стаціонарності $dI = 0$; $\frac{dI}{dt} = 0$. Отже, маємо (рис. 1):

$$\begin{cases} Z_p \bar{Z} + (C_v + C_K) \bar{I} = 0; \\ D_i - I(C_{d2} + C_{d1}) = 0. \end{cases} \quad (6)$$

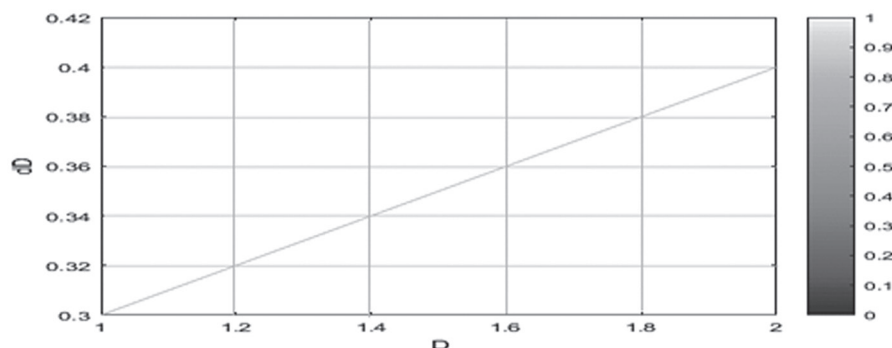


Рис. 1. Диференціал функції довіри

З другого рівняння системи (6) витікає:

$$\bar{I} = \frac{D_i}{(C_{d2} + C_{d1})}. \quad (7)$$

Далі з першого рівняння системи рівнянь (6) відшукуємо \bar{Z} :

$$Z_p \bar{Z} - \frac{(C_v + C_K)D_i}{(C_{d2} + C_{d1})} = 0; \quad (8) \quad \bar{Z} = \frac{(C_v + C_K)D_i}{(C_{d2} + C_{d1})Z_p}. \quad (9)$$

Отже, умови позиції стаціонарності системи наберуть такого вигляду (рис. 2):

$$\begin{cases} \bar{I} = \frac{D_i}{C_{d2} + C_{d1}}; \\ \bar{Z} = \frac{(C_v + C_K)D_i}{(C_{d2} + C_{d1})Z_p}. \end{cases} \quad (10)$$

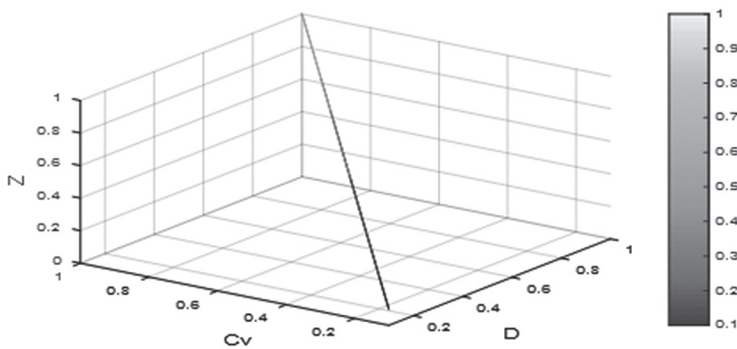


Рис. 2. Результати обчислень за системою рівнянь (10)

Розв'яжемо систему рівнянь (5) методом «малих відхилень» $I = \bar{I} + I$; $Z = \bar{Z} + Z$ (рис. 3):

$$\begin{cases} \frac{dI}{dt} = Z_p(\bar{Z} + Z) + (C_v + C_K)(\bar{I} + I); \\ \frac{dZ}{dt} = D_i - (\bar{I} + I)(C_{d2} + C_{d1}). \end{cases} \quad (11)$$

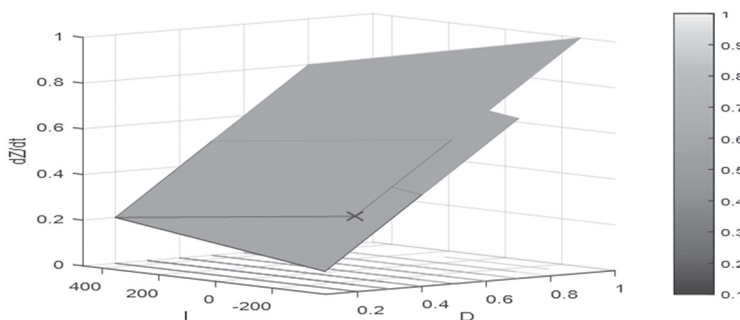


Рис. 3. Результати обчислень за системою рівнянь (11)

$$\begin{cases} \frac{dI}{dt} = (C_{d1} + C_{d2})Z - (C_v + C_K)I; \\ \frac{dZ}{dt} = -I(C_{d2} + C_k) + D_i. \end{cases} \quad (12)$$

Диференціюючи перше рівняння системи (2), дістаємо (рис. 4):

$$\frac{d^2I}{dt^2} = -I(C_{d1} + C_{d2})(Z_p + D_i) - (C_v + C_K)\frac{dI}{dt}; \quad (13)$$

$$\frac{d^2I}{dt^2} + (C_v + C_K)\frac{dI}{dt} + (C_{d1} + C_{d2})(Z_p + D_i)I = 0. \quad (14)$$

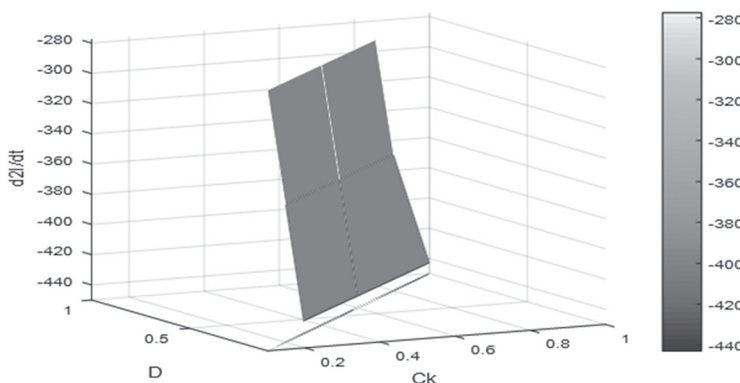


Рис. 4. Результати обчислень за рівнянням (14)

Рівняння (14) є рівнянням гармонічного осцилятора із загасальною амплітудою (рис. 5), де

$$\omega_0 = \sqrt{(C_{d1} + C_{d2})(Z_p + D_i)}. \quad (15)$$

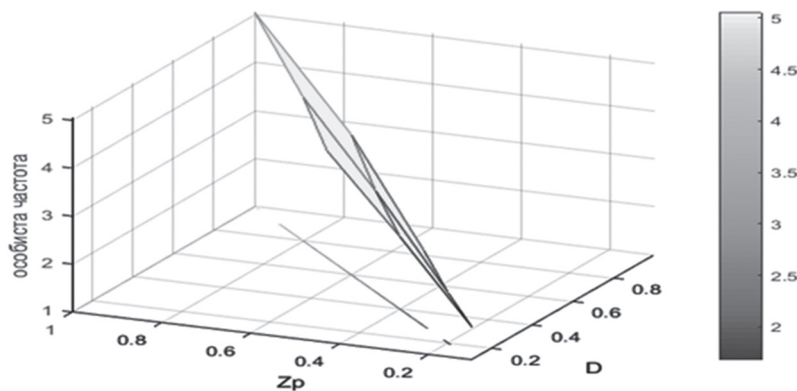


Рис. 5. Результати обчислення за рівнянням (15)

$$\omega = \sqrt{(C_{d1} + C_{d2})(Z_p + D_i) - \frac{(C_v + C_K)^2}{4}}. \quad (16)$$

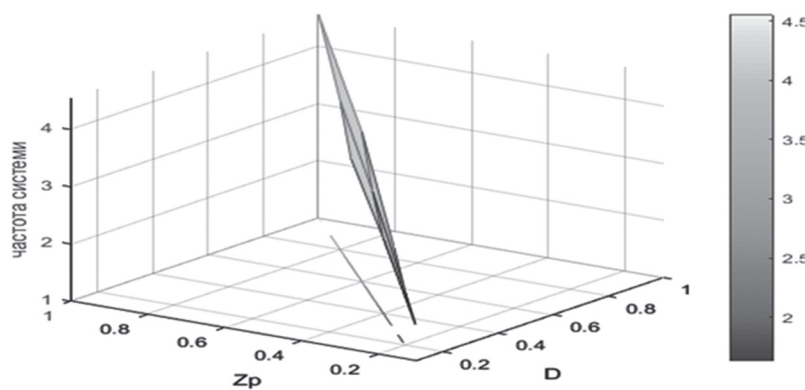


Рис. 6. Результати обчислення за рівнянням (16)

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{(C_{d1} + C_{d2})(Z_p + D_i) - \frac{(C_v + C_K)^2}{4}}}. \quad (17)$$

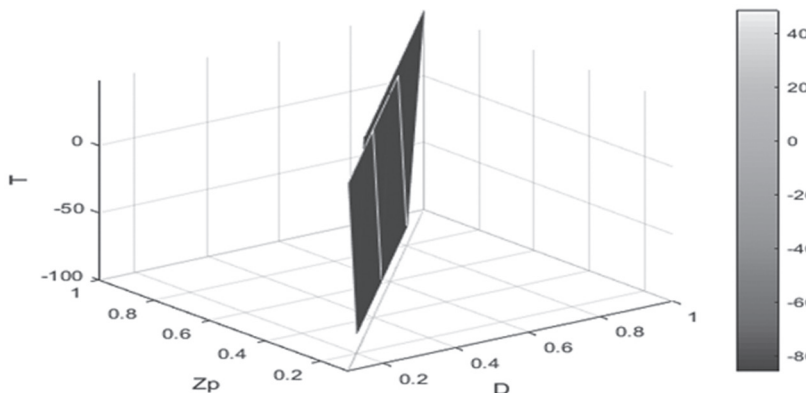


Рис. 7. Результати обчислення за рівнянням (17)

$$\beta = \frac{(C_v + C_K)}{2}. \quad (18)$$

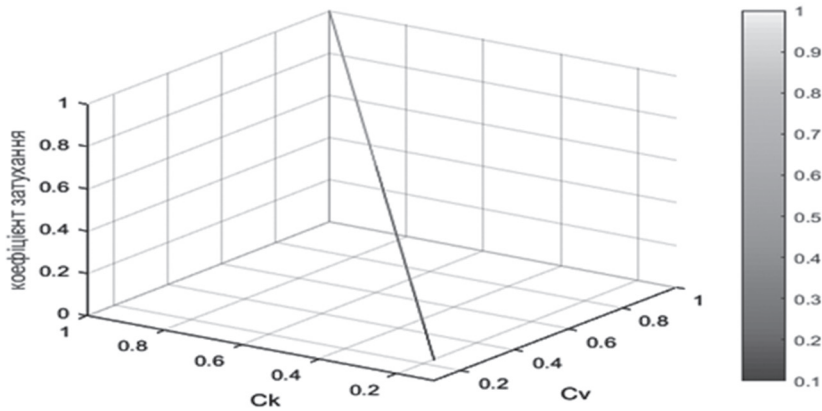


Рис. 8. Результати обрахунку за рівнянням (18)

Розв'язок рівняння гармонічного осцилятора розпадається на три випадки.

$$1. \beta < \omega_0 : I = A_0 \exp\left(-\frac{(C_v + C_K)}{2} \cos\left(\sqrt{(C_{d1} + C_{d2} + Z_p + D_i) - \frac{(C_v + C_K)^2}{4}} t + \Phi_0\right)\right). \quad (19)$$

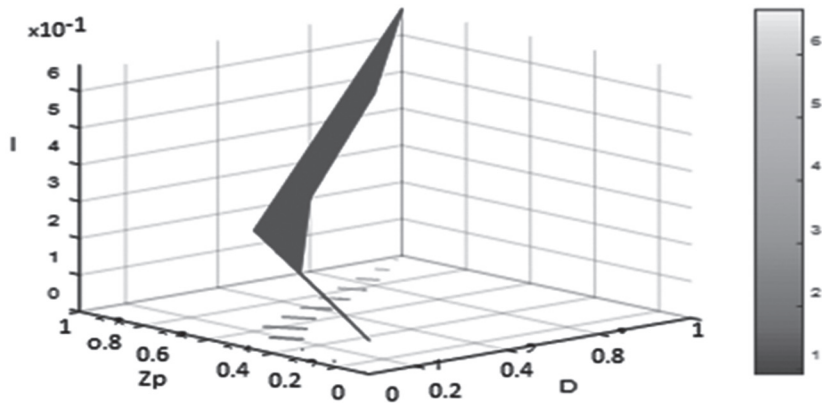


Рис. 9. Залежність потоку даних за умови (19)

$$2. \beta = \omega_0 : I = \left(A_0 + B_0 t \exp\left(-\frac{(C_v + C_K)}{2} t\right)\right). \quad (20)$$

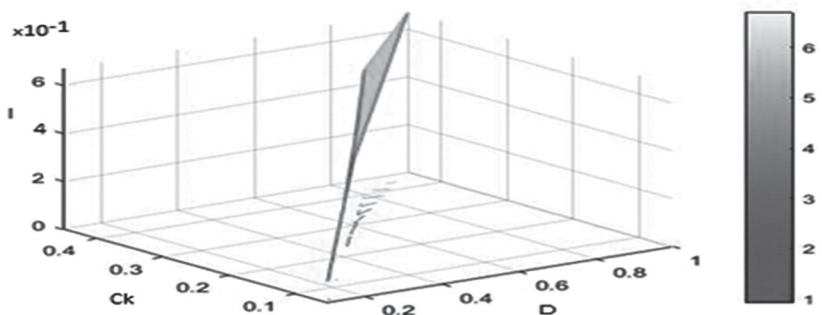


Рис. 10. Залежність потоку даних за умови (20)

$$3. \beta > \omega_0 : I = A_0 \exp(-y_1 t) + B_0 \exp(-y_2 t),$$

$$\text{де } y_{12} = \beta \pm \sqrt{\frac{(C_v + C_K)^2}{4} - (C_{d1} + C_{d2} + Z_p + D_i)}. \quad (21)$$

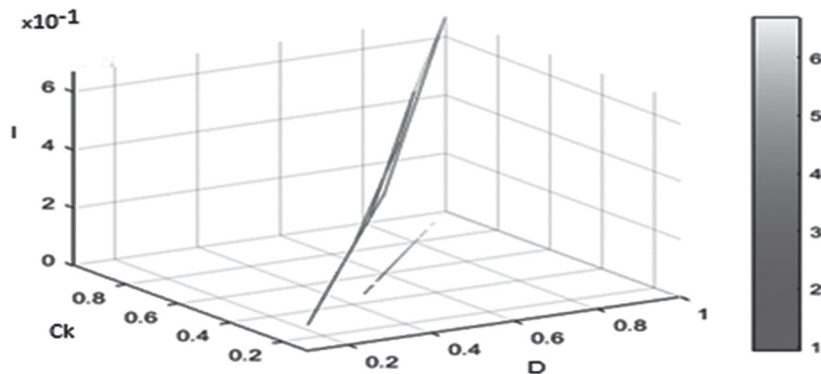


Рис. 11. Залежність потоку даних за умови (21)

Розглянувши три варіанти розв'язання рівняння в околі стаціонарного стану системи, можна дійти висновку, що з огляду на умови співвідношення дисипації і власної частоти коливань величини, загасання останньої до певного значення здійснюється періодично, із загасальною амплітудою, або за експоненціально загасальним законом. Виконаємо більш наочний аналіз поведінки системи, перейшовши від диференціальної форми рівнянь (5), (6) до дискретної і промодельовавши деякий інтервал існування системи:

$$\begin{cases} \frac{I_{n+1} - I_n}{\Delta t} = (C_{d1} + C_{d2})Z_n - (C_v + C_K)I_n; \\ \frac{Z_{n+1} - Z_n}{\Delta t} = Z_p - (C_{d2} + C_{d1})I_n - (Z_p + D_i)I_n. \end{cases} \quad (22)$$

$$\begin{cases} I_{n+1} = I_n + (C_{d1} + C_{d2})Z_n - (C_v + C_K)I_n \Delta t; \\ Z_{n+1} = Z_n + (Z_n - I_n(C_{d2} + C_{d1} + Z_p + D_i)) \Delta t. \end{cases} \quad (23)$$

Спочатку візьмемо коефіцієнти C_{d1} , C_v , C_{d2} , Z_p , D_i , C_K за одиницю. Зважаючи на умови стаціонарної позиції системи, I і Z дорівнюватимуть 0,5 і 0,5. Крок моделювання візьмемо за 0,1 для всіх ітерацій моделювання, тому в таблиці відобразити його не будемо. Величини I_{sp} , Z_{sp} відбивають стаціонарні значення параметрів, якщо таких було досягнуто за скінченну кількість ітерацій. Далі виконуємо імітаційне моделювання для значень $\beta < \omega_0$, $\beta = \omega_0$, $\beta > \omega_0$ з відхиленням від стаціонарної позиції системи. Дані наведено в таблиці.

Параметри моделювання

№ з/п	Z_p	I	Z	C_v	C_{d1}	D_i	C_{d2}	C_K	Параметри
1	1	0,5	1	0,5	1	1	1	0,5	$\beta < \omega_0$
2	1	0,5	1	2	1	1	1	2	$\beta = \omega_0$
3	1	0,5	1	4	1	1	1	5	$\beta > \omega_0$

Візуалізація результатів

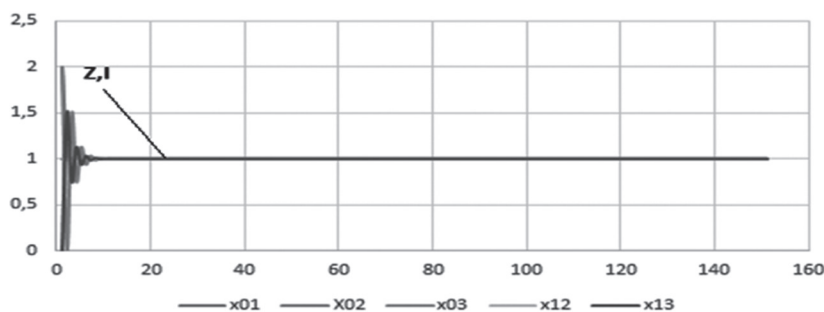


Рис. 12. Залежність інтенсивності та захисту персональних даних від кількості ітерацій (140)
(дані складових взято з таблиці; $\beta < \omega_0$; через i позначено кількість ітерацій)

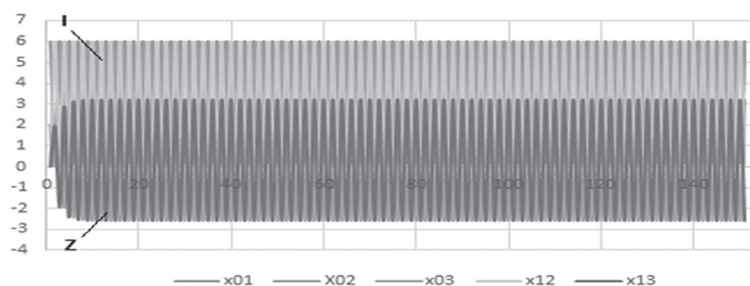


Рис. 13. Залежність інтенсивності та захисту персональних даних від кількості ітерацій (140) при $\beta = \omega_0$; $D_i = 0,5$

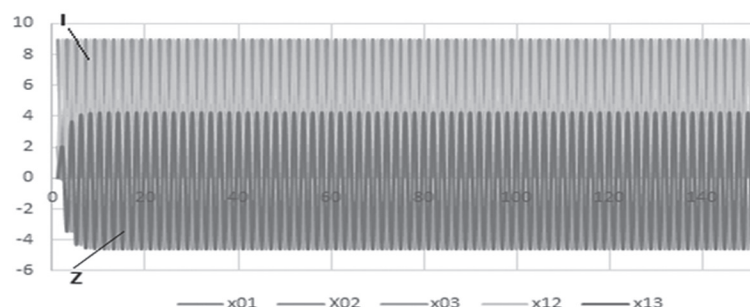


Рис. 14. Залежність інтенсивності та захисту персональних даних від кількості ітерацій (140) при $\beta > \omega_0$; $D_i = 0,1$

Висновки

Розроблено математичну модель та проведено дослідження моделі захисту персональних даних від довіри між користувачами та інтенсивності передавання даних у соціальних мережах.

У результаті математичного моделювання доведено, що система захисту соціальної мережі нелінійна, на що вказують результати імітаційного моделювання (рис. 14).

Необхідне подальше дослідження нелінійної системи захисту персональних даних соціальної мережі.

Список використаної літератури

1. *The Model of Secure Social Networks Activity Based on Graph Theory* / P. Shchypanskyi, V. Savchenko, V. Akhramovych [et al.] // *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*. February 2020. Vol. 9, Issue 4. P. 1803–1810. URL: <https://www.ijitee.org/download/volume-9-issue-4>.
2. *Analysis of Social Network Parameters and the Likelihood of its Construction* / V. Savchenko, V. Akhramovych, A. Tushych [et al.] // *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*. February 2020. Vol. 8, No. 2. P. 271–276. URL: <http://www.warse.org/IJETER/static/pdf/file/ijeter05822020.pdf>.
3. **Ахрамович В. М.** Моделі довіри та репутації користувачів в соціальних мережах // *Сучасний захист інформації*. 2019. №4. С. 45–51.
4. **Ахрамович В. М.** Моделювання і візуалізація соціальних мереж // *Зв'язок*. 2020. №2. С. 28–33.
5. **Метод розрахунку захисту інформації від взаємовпливу користувачів в соціальних мережах** / В. А. Савченко, В. М. Ахрамович, Т. М. Дзюба [та ін.] // *Сучасний захист інформації*. 2021. №1. С. 6–13.
6. **Трубецков Д. И.** Введение в синергетику. Хаос и структуры. Изд. 2-е испр. и доп. Москва, Едиториал УРСС. 2004. 240 с.

В. Н. Ахрамович, А. В. Вдовиченко, А. Ю. Загинеї

МЕТОД РАСЧЕТА ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ ОТ ДОВЕРИЯ МЕЖДУ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯМИ И ИНТЕНСИВНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ

Разработана математическая модель и проведено исследование модели защиты персональных данных от доверия между пользователями и интенсивности передачи данных в социальных сетях.

Рассмотрены зависимости: величины потока информации в социальной сети от составляющих защиты информации, персональных данных и скорости потока данных; защищенности системы от размеров системы (как и от количества персональных данных); угроз безопасности информации от потери доверия между пользователями.

Получена система линейных уравнений, состоящая из уравнений: скорости изменения потока информации от защищенности социальной сети и коэффициентов, которые отображают влияние мероприятий защищенности, количества персональных данных,

скорости вытока, изменения показателя защиты информации от доверия между пользователями сети, ее размеров, защищенности персональных данных.

В результате решения системы дифференциальных уравнений получены математические и графические зависимости показателя защиты персональных данных в социальной сети от различных составляющих.

Рассмотрев три варианта решения уравнения около стационарного состояния системы, можно прийти к выводу, что исходя из условий соотношения диссипации и собственной частоты колебаний величины, затухание последней до определенного значения осуществляется периодически, с затухающей амплитудой, или экспоненциально затухающим законом. Выполнен более наглядный анализ поведения системы, перейдя от дифференциальной формы уравнений к дискретной и промоделировав некоторый интервал существования системы.

Представлены математические и графические зависимости частоты собственных колебаний системы, периода колебаний, коэффициента затухания.

Проведено имитационное моделирование для значений с отклонением от стационарной позиции системы. В результате имитационного моделирования доказано, что система защиты социальной сети нелинейна.

Ключевые слова: доверие; угроза; ресурс; безопасность; персональные данные; социальная сеть; поток; информация; данные; утечка; коэффициент; уравнение; система; позиция; дифференциал; результаты; отклонения; дифференцирование; осциллятор; амплитуда; условие; диссипация.

V. M. Akhramovych, O. V. Vdovychenko, A. Y. Zahynei

METHOD FOR CALCULATING THE PROTECTION OF PERSONAL DATA FROM TRUST BETWEEN USERS AND THE INTENSITY OF DATA TRANSFER IN SOCIAL NETWORKS

A mathematical model was developed and a study of the model of protection of personal data from trust between users and the intensity of data transmission in social networks was carried out.

Dependencies are considered: the amount of information flow in the social network from the components of information protection, personal data, and the speed of data flow; protection of the system from the size of the system (as well as the amount of personal data); threats to information security from loss of trust between users

The resulting system of linear equations consists of an equation: the rate of change in the flow of information from the security of the social network and coefficients that reflect the impact of security measures, the amount of personal data, the speed of leakage, changes in the indicator of protection of information from trust between network users, its size, the security of personal data.

As a result of the solution of the system of differential equations mathematical and graphical dependences of the indicator of personal data protection in the social network from various components were obtained.

Having considered three options for solving the equation near the stationary state of the system, we can conclude that, based on the conditions of the ratio of dissipation and its own frequency of fluctuations in the value, the attenuation of the latter to a certain value is carried out periodically, with a suffocating amplitude, or exponentially fading law. A more visual analysis of the system behavior was performed, moving from the differential form of equations to discrete and to model a certain period of existence of the system.

Mathematical and graphical dependences of frequency of own oscillations of the system, oscillation period, attenuation coefficient are presented.

Simulation modeling for values with deviation from the stationary position of the system is carried out. As a result of simulation modeling, it has been proved that the social network protection system is nonlinear.

Keywords: trust; threat; resource; security; personal data; social network; flow; information; data; leakage; coefficient; equations; system; position; differential; results; deviations; differentiation; oscillator; amplitude; condition; dissipation.

