

## ПОБУДОВА ЗМІСТОВНОЇ МОДЕЛІ ТЕКСТУ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ЛОГІКО-ЛІНГВІСТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ

© Вавіленкова А., 2016

**Проаналізовано недоліки існуючих моделей текстових документів, запропоновано уніфіковану форму змістовної моделі тексту, що сформована на основі синтезу логіко-лінгвістичних моделей його речень. Описано основні етапи алгоритму побудови запропонованої змістовної моделі тексту.**

**Ключові слова:** природна мова, логіко-лінгвістична модель, змістовна модель, модель тексту, синтез.

**The paper analyzes the shortcomings of existing models of text documents, it proposes an uniform content model of text that formed on the basis of synthesis of logic and linguistic models of its sentences. The work shows basic steps of the proposed algorithm for constructing content models of text.**

**Key words:** natural language, logic and linguistic model, content model, model of text, synthesis.

### Постановка проблеми

Незважаючи на майже столітню історію досліджень у сфері штучного інтелекту, комп'ютер досі не може вирішувати поставлені задачі обробки текстової інформації повністю, оскільки поки що не створено адекватних формалізованих моделей природномовних об'єктів, а вирішення відповідних завдань містить неформальні, творчі елементи, властиві лише людині [1].

Для опису глобального змісту тексту необхідна побудова схеми, що забезпечить швидкий аналіз поверхневих структур і конструювання відносно простої та жорсткої семантичної конфігурації [2]. Для побудови такої моделі необхідно вирішити задачу відновлення окремих об'єктів та їх взаємозв'язків, які були описані в тексті не явно. Важливість розв'язання цієї задачі в інформаційно-пошукових системах пов'язана з необхідністю звуження пошуку, виключаючи з нього документи, в яких говориться про непотрібні користувачу об'єкти, та застрахуватися від того, що користувач може запитувати про об'єкт зовсім не тими словами, якими автор описував ту чи іншу подію. Саме на створення уніфікованої форми семантичної конфігурації довільного текстового документа спрямовані подальші дослідження.

### Аналіз останніх досліджень та публікацій

Сьогодні існує декілька моделей представлення текстів, що використовуються сучасними системами інтелектуальної обробки текстових документів. Так, для класифікації електронних документів застосовується векторна модель: кожному тексту ставиться у відповідність точка, кожна координата якої відповідає частоті одного з його слів, внаслідок цього текстам зі схожими тематиками відповідатимуть просторово близькі вектори [3]. Ще одним прикладом векторної моделі тексту є мережа Кохонена, що використовується для квантифікації та виділення головних компонент тексту [4]. Лінгвістична процесуальна модель тексту передбачає аналіз тексту за допомогою різноманітних рівнів обробки (центральний процесор, сенсорний регістр, довгострокова і короткострокова пам'ять та ін.) [2].

Модель тексту за ван Дейком та В. Кінчем орієнтована на комплексність опису, тобто передбачає перехід від розуміння складових частин речень до послідовностей речень та найвищих структур тексту [5].

Традиційним вважається представлення тексту за допомогою гістограми однорідних ознак, наприклад, вектором кількості входжень ключових слів до документа. Ще одна із найпоширеніших сьогоднішніх моделей тексту – модель “множина слів”, згідно з якою текст представляється як набір слів, без врахування порядку їх вживання [6].

Костянтин Білоусов у своїй роботі “Теория и методология полиструктурного синтеза текста” [7] замість терміна “модель тексту” вводить поняття “форма тексту” – спосіб організації мовного субстрату в цілісному просторі, що має своїм предметом структури даних, де структура – це проекція форми на предметну область.

Проте жодна з існуючих моделей не дає можливості відобразити змістовні зв’язки, наявні у тексті. Це відбувається тому, що в основу таких моделей покладено статистичні закономірності використання слів текстової бази, а не логічні зв’язки між ними.

### Формулювання цілі статті

Метою статті є опис алгоритму побудови змістовної моделі текстового документа на основі використання логіко-лінгвістичних моделей речень природної мови. Якщо розглядати текст як семантичну структуру, то головною проблемою, яку необхідно вирішити при побудові змістовної моделі, – сегментувати зміст тексту, класифікувати кванти інформації, що утворюють зміст. Адаже, різні елементарні текстові фрагменти співвідносяться з ситуаціями, формуючи ієрархію семантичних складових. Тобто, у розрізі семантичного простору текст розглядається як сукупність лінійно розташованих знаків та як сукупність змістів [8].

Матеріали статті є результатом досліджень автора у сфері лінгвістики тексту та формальної семантики, що у поєднанні з математичним апаратом логіки предикатів першого порядку дали змогу формалізувати опис текстових документів.

### Виклад основного матеріалу

Текст вважається універсальним засобом представлення, накопичення та передавання знань, тому технології роботи з природномовними текстами завжди вважалися найважливішими для штучного інтелекту. *Текст* – це комплекс взаємопов’язаних одне з одним речень, що володіє певною автономністю відносно аналогічних комплексів, змістовною цінністю, яка забезпечується єдністю комунікативного напрямку. Цілісність тексту перетворює його на систему, в якій елементи залежать один від одного (речення, висловлювання, абзаци, розділи). А отже, текст можна формалізувати, створивши його змістовну модель [9].

*Логіко-лінгвістична модель текстового документу* – це абстрактна модель, яка об’єднує основні властивості тексту та його складових, відображає основні взаємозв’язки між структурними компонентами, являє собою впорядковану четвірку та масив логіко-лінгвістичних моделей речень природної мови, що входять до тексту [8].

Лінгвістична складова формального опису тексту:

$$t = \langle CQ, F, B, A \rangle, \quad (1)$$

де  $t \in T$  – конкретний електронний текст із всієї множини текстів;  $CQ = \{cq_1, \dots, cq_i, \dots, cq_n\}$  – множина існуючих типів текстів,  $i = \overline{1, n}$ ,  $n$  – кількість типів;  $F = \{f_1, \dots, f_j, \dots, f_m\}$  – множина складних синтаксичних частин тексту,  $j = \overline{1, m}$ ,  $m$  – кількість складних синтаксичних частин;  $B$  – текстова база, що складається з набору ключових слів тексту та взаємопов’язаних пропозицій, і яку можна представити у вигляді трійки:  $B = \langle K, SJ, D \rangle$ ,  $K$  – множина ключових слів тексту;  $SJ$  – множина ключових словосполучень тексту;  $D$  – множина пропозицій;  $A = \{a_1, \dots, a_k, \dots, a_q\}$  – множина абзців тексту,  $k = \overline{1, q}$ ,  $q$  – кількість абзців. Кожен абзац, своєю чергою, описується трійкою:  $a_k = \langle H, Y, R \rangle$ ,  $H = \{1, 2\}$  – множина типів зв’язків між реченнями (ланцюговий чи паралельний);  $Y = \{1, 2, 3, 4, 5\}$  – множина типів тематичних прогресій, що вжиті у абзці  $a_k \in A$ ;  $R = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$  – множина рематичних домінант у абзці  $a_k \in A$ .

Нехай текст природною мовою описується формулами із множини  $T$ , тоді логічна формула  $L(S)$  перетворюється на тотожно істинний предикат за такої довільної інтерпретації, за якої тотожно істинні предикати перетворюються на формули із множини  $T$ , тобто  $T \models L(S)$ .

Семантико-синтаксична складова формального опису тексту:

$$t' = \bigwedge_{g=1}^{N(t)} L(S_g), \quad (2)$$

де  $L(S_g)$  – логіко-лінгвістична модель [10] речення природної мови  $S_g$ ,  $g = \overline{1, N(t)}$ ;  $N(t)$  – кількість речень у тексті  $t$ .

Отже, модель (1) – (2) містить вичерпну інформацію про текст та зв'язки у ньому. Побудова такої логіко-лінгвістичної моделі для довільного типу тексту дає змогу перейти до аналізу текстової інформації, порівняння текстів за змістом, пошуку протиріч та збігів.

Алгоритм побудови змістовної моделі тексту на основі використання логіко-лінгвістичних моделей передбачає виконання таких кроків.

**1. Членування тексту.** Цей крок відповідає за розбиття всієї текстової інформації (електронного документа), на декілька рівнів. Членування тексту – функція загального композиційного плану документа, основну роль в якому відіграють розмір частин та змістовно-фактуальна інформація [11].

За Гальперінім, можна виділити два типи членування текстів: об'ємно-прагматичне та контекстно-варіативне [12]. В основу першого членування покладено кількісний параметр (поділ на розділи, частини, абзаци і т.д.). Другий тип членування дає можливість встановити типи зв'язків між складними синтаксичними частинами, тобто побудувати схематичну структуру тексту, що аналізується (у тексті виділяють три основні частини: зачин, розгортання думки і висновок). Залежно від типу зв'язного тексту таких складових може бути більше, тому для конкретної текстової бази буде свій набір складних синтаксичних частин  $F$ .

На цьому етапі відбувається об'ємно-прагматичне членування, тобто побудова схематичної структури документу: текст розбивається на розділи, частини, абзаци, а абзаци, своєю чергою, на речення. Членування тексту – це суто технічний крок, на якому не враховуються синтаксичні та семантичні зв'язки.

Тобто, після виконання етапу членування тексту  $t$  буде отримано множину абзацив  $A = \{a_1, \dots, a_k, \dots, a_q\}$ ,  $k = \overline{1, q}$ , де  $q$  – кількість абзацив, та множину речень природної мови  $S = \{S_1, \dots, S_g, \dots, S_{N(t)}\}$ , де  $g = \overline{1, N(t)}$ .

**2. Побудова логіко-лінгвістичних моделей речень тексту.** На цьому етапі до тексту  $t$  застосовується метод автоматизованої побудови логіко-лінгвістичних моделей речень природної мови, в результаті чого кожне речення тексту перетворюється на логічну формулу [13].

Виконання цього етапу алгоритму забезпечує формування семантико-синтаксичної складової формального опису тексту (2), тобто:

$$t' = \left\{ \begin{array}{l} L(S_1) = \bigwedge_{\mu=1}^{v(S_1)} L_{\mu}(S_1) \\ L(S_2) = \bigwedge_{\mu=1}^{v(S_2)} L_{\mu}(S_2) \\ \dots \\ L(S_g) = \bigwedge_{\mu=1}^{v(S_g)} L_{\mu}(S_g) \\ \dots \\ L(S_{N(t)}) = \bigwedge_{\mu=1}^{v(S_{N(t)})} L_{\mu}(S_{N(t)}) \end{array} \right. , \quad (3)$$

де простий предикат  $L_\mu(S)$  для кожного речення природної мови має вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{cccccccc} P_{\mu[1]} & x_{\mu[1]} & c_{\mu[1]}(x_{\mu[1]}) & y_{\mu[1]} & c_{\mu[1]}(y_{\mu[1]}) & z_{\mu[1]} & c_{\mu[1]}(z_{\mu[1]}) & c_{\mu[1]}(p_{\mu[1]}) \\ P_{\mu[2]} & x_{\mu[2]} & c_{\mu[2]}(x_{\mu[2]}) & y_{\mu[2]} & c_{\mu[2]}(y_{\mu[2]}) & z_{\mu[2]} & c_{\mu[2]}(z_{\mu[2]}) & c_{\mu[2]}(p_{\mu[2]}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{\mu[g]} & x_{\mu[g]} & c_{\mu[g]}(x_{\mu[g]}) & y_{\mu[g]} & c_{\mu[g]}(y_{\mu[g]}) & z_{\mu[g]} & c_{\mu[g]}(z_{\mu[g]}) & c_{\mu[g]}(p_{\mu[g]}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{\mu[N(t)]} & x_{\mu[N(t)]} & c_{\mu[N(t)]}(x_{\mu[N(t)]}) & y_{\mu[N(t)]} & c_{\mu[N(t)]}(y_{\mu[N(t)]}) & z_{\mu[N(t)]} & c_{\mu[N(t)]}(z_{\mu[N(t)]}) & c_{\mu[N(t)]}(p_{\mu[N(t)]}) \end{array} \right. \quad (4)$$

**3. Синтез логіко-лінгвістичних моделей.** На третьому кроці алгоритму побудови логіко-лінгвістичної моделі текстового документа здійснюються об'єднання та заміна структурних компонентів логіко-лінгвістичних моделей (3), отриманих на попередньому етапі алгоритму. Це відбувається на основі виявлення способів логічного зв'язку між реченнями природної мови.

На основі використання принципів синтезу логіко-лінгвістичні моделі (3) набувають такого вигляду:

$$t' = \left\{ \begin{array}{l} L^{(\gamma)}(S_1) = \bigwedge_{\mu=1}^{v(S_1)} L^{(\gamma)}_{\mu}(S_1) \\ L^{(\gamma)}(S_2) = \bigwedge_{\mu=1}^{v(S_2)} L^{(\gamma)}_{\mu}(S_2) \\ \dots \\ L^{(\gamma)}(S_g) = \bigwedge_{\mu=1}^{v(S_g)} L^{(\gamma)}_{\mu}(S_g) \\ \dots \\ L^{(\gamma)}(S_{N(t)}) = \bigwedge_{\mu=1}^{v(S_{N(t)})} L^{(\gamma)}_{\mu}(S_{N(t)}) \end{array} \right. ,$$

а, окрім заміни в формулах (4), кожній логіко-лінгвістичній моделі  $L^{(\gamma)}(S_g)$  приписується вектор характеристик  $l_g$ , кожна з яких відповідає певній компоненті логіко-лінгвістичної моделі речення  $S_e$ , пов'язаного за змістом з реченням тесту  $S_g$ :

$$\left\{ \begin{array}{l} G_1(l_1): U \rightarrow u_k(S_e), e \neq 1, \\ G_2(l_2): U \rightarrow u_k(S_e), e \neq 2, \\ \dots \\ G_g(l_g): U \rightarrow u_k(S_e), g \neq e \\ \dots \\ G_{N(t)}(l_{N(t)}): U \rightarrow u_k(S_e), e \neq N(t). \end{array} \right. \quad (5)$$

**4. Формування текстової бази.** Завдяки синтезу логіко-лінгвістичних моделей формується текстова база, що являє собою трійку:

$$B = \langle K, SJ, D \rangle,$$

де  $K$  – множина ключових слів тексту;  $SJ$  – множина ключових словосполучень тексту;  $D$  – множина пропозицій.

1) *множина ключових слів* тексту  $K$  формується з елементів векторів  $l_g$ ,  $g = \overline{1, N(t)}$ , тобто кожен елемент логіко-лінгвістичної моделі, що був замінений внаслідок використання принципів синтезу, входить до множини ключових слів:  $u_k(S_e) \subseteq K$ , де  $e = \overline{1, N(t)}$ , при  $e \neq g$ .

2) множина ключових словосполучень тексту  $SJ$  формується із словосполучень тексту, до яких входять ключові слова із утвореної множини  $K$ . Тобто, якщо слово  $H_r = u_k(S_e)$ ,  $r = \overline{1, n}$  речення  $S_g$  утворює словосполучення зі словом  $H_k$ ,  $k = \overline{1, n}$ ,  $k \neq r$  цього ж речення:  $SJ_{rk} = H_r \cup H_k$ , то  $SJ_{rk} \in SJ$ .

3) для формування множини пропозицій  $D$  застосовується інтерпретатор продукцій, який працює циклічно. Основними даними для його роботи є отримані внаслідок синтезу логіко-лінгвістичних моделей вектори характеристик. Кожен елемент вектора характеристик  $l_g$  речення природної мови  $S_g$  інтерпретує зв'язок простого предиката  $L_{\mu}^{(\gamma)}(S_g)$  речення  $S_g$  та простого предиката  $L_{\mu}^{(\gamma)}(S_e)$  речення природної мови  $S_e$ , притому, що  $e \neq g$ .

Тобто, в результаті роботи інтерпретатора продукцій шукаються такі моделі  $L_{\mu}^{(\gamma)}(S_e)$ , які за змістом передують або з яких випливають моделі  $L_{\mu}^{(\gamma)}(S_g)$ :

$$L_{\mu}^{(\gamma)}(S_e) \rightarrow L_{\mu}^{(\gamma)}(S_g).$$

Етап побудови текстової бази дає змогу сформуванню змістовні зв'язки між реченнями тексту, незалежно від того, до якого абзацу чи складної синтаксичної частини вони належать.

**5. Визначення характеристик кожного з абзаців.** Визначення типів зв'язків між реченнями в кожному абзаці є одним із найважливіших етапів лінгвістичного аналізу тексту.

Кожен абзац  $a_k \in A$  характеризується трійкою:

$$a_k = \langle H, Y, R \rangle:$$

1) визначення першого параметра  $H = \{1, 2\}$  із множини *типів зв'язків між реченнями* (1 – ланцюговий чи 2 – паралельний);

2) визначення *типу тематичної прогресії* із множини  $Y = \{1, 2, 3, 4, 5\}$ , що вжита у абзаці  $a_k \in A$ :

1 – *проста лінійна прогресія* – для неї характерне послідовне розгортання інформації, коли рема попереднього речення стає темою наступного речення;

2 – *прогресія з наскрізною темою* – характеризується наявністю однієї теми, що повторюється у кожному реченні тексту;

3 – *прогресія з похідними темами* – кожне речення тексту, не маючи у своєму складі елементів послідовної лематизації (перший тип тематичних прогресій) або наскрізної тематизації (другий тип), використовується для вираження загальної тематичної направленості тексту;

4 – *прогресія з розщепленою темою* – основу складає подвійна рема, компоненти якої при тематизації утворюють початкові точки для розвитку окремих тематичних прогресій;

5 – *прогресія з тематичним стрибком* – передбачає наявність розриву в тема-рема-тематичному ланцюгу, який можна відновити з контексту;

3) визначення типу *рема-тематичних домінант* із множини  $R = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$  у абзаці  $a_k \in A$ . Залежно від лексико-граматичного представлення рема може бути: предметна, статальна, динамічна, якісна, імпресивна та комбінована.

Отже, внаслідок встановлення властивостей абзаців вдасться виявити тематичну спрямованість та засоби побудови логічних зв'язків у них, завдяки чому можна формалізувати процес визначення міжфразових зв'язків.

**6. Формування складних синтаксичних частин тексту.** В результаті отриманих зв'язків між абзацами на попередньому етапі алгоритму текст поділяють на складні синтаксичні частини (контекстно-варіативне членування):

$$F = \{f_1, \dots, f_j, \dots, f_m\},$$

$$f_j \in F, j = \overline{1, m}.$$

Складні частини тексту формують, використовуючи множину продукцій текстової бази  $D$ , а також отриманих значень множини рем  $R$  на попередньому етапі алгоритму. Адже призначення реми у тексті полягає не лише у репрезентації нового змісту та актуалізації комунікативної значимості інформації, але і в організації семантики тексту. За межами речення рема вступає в змістовні зв'язки з ремами сусідніх речень, створюючи рематичну домінанту текстового фрагмента, що сигналізує про їх семантичну єдність.

Аналогічно попередньому етапу уже не речення, а абзаци піддаються перевірці на засоби когезії, на основі виявлення яких формуються продукції типу:

$$D_1 \rightarrow D_2,$$

де  $D_1$  – частина тексту з абзацу  $a_k \in A$ , що за змістом передує або з якої впливає частина тексту  $D_2$  з абзацу  $a_{k+1} \in A$ ,  $k = \overline{1, q}$ .

На основі таких продукцій можна визначити провідний зв'язок у складній синтаксичній частині.

**7. Визначення типу  $c_i$  зв'язного тексту  $t \in T$ .** На основі визначених на попередніх етапах типах змістовних зв'язків між складними та простими синтаксичними конструкціями визначається тип тексту  $c_i \in C$ ,  $C = \{c_1, \dots, c_i, \dots, c_n\}$  – множина існуючих типів текстів,  $i = \overline{1, n}$ ,  $n$  – кількість типів, (1 – науковий, 2 – публіцистичний, 3 – художній, 4 – офіційно-діловий).

Виконання описаних вище кроків є спробою формалізації семантичних явищ за допомогою лінгвістичних фактів. Тобто запропоновано концептуальний апарат семантичної теорії, який забезпечує експліцитне представлення змісту речень природної мови в структурі текстового документа, узгоджене з поняттями синтаксичної теорії.

### Висновки

У граматичному аспекті зв'язність тексту визначається законами узгодження, правилами побудови висловлювань з використанням морфологічних та синтаксичних засобів мови. У прагматичному аспекті зв'язність зумовлена загальною комунікативною функцією тексту, реалізується у суб'єктивній організації тексту, в системі просторових та часових характеристик, що пронизують текст з початку і до кінця [11]. Запропонована у статті логіко-лінгвістична модель текстового документа враховує обидва ці аспекти.

Основним кроком у алгоритмі побудови змістовної моделі тексту є синтез логіко-лінгвістичних моделей, що відбувається на основі правил побудови та пошуку елементарних відношень, які носять тотожний зміст і дозволяють однозначно інтерпретувати речення природної мови довільної структури. Логіко-лінгвістична модель текстового документа являється своєрідним шаблоном, до якого можна звести довільний текстовий документ.

1. Люгер Д. Ф. *Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем* / Д. Ф. Люгер. – 4-е изд. – М.: ООО “Вильямс”, 2005. – 864 с.
2. Елашкина А. *Тема-рематическая лингвистическая модель для машинной обработки текстов [Электронный ресурс]* / А. Елашкина, А. Красноусова, Н. Максимова, А. Русин. – 2005. – Режим доступа к журн.: <http://www.hr-portal.ru/article/tema-rematicheskaya-lingvisticheskaya-model-dlya-mashinnoy-obrabotki-tekstov#2>.
3. Орлов А. *Векторная модель текста [Электронный ресурс]* / А. Орлов. – 2009. – Режим доступа к журн.: <http://neural.ru/dictionary/>.
4. Kohonen T. *Self-Organizing Maps* / T. Kohonen. – New York: Springer, 2001. – Vol. 30. – 501 p.
5. Звегинцев В. *Новое в зарубежной лингвистике. Когнитивные аспекты языка: вып. 23* / В. Звегинцев. – М.: Прогресс, 1988. – 320 с.
6. Сигачев А. *Модель текста в виде набора числовых признаков [Электронный ресурс]* / А. С. Сигачев. – Режим доступа к

журн.: <http://it-claim.ru/Library/Books/ITS/wwwbook/IST7/sigachov/Sigachov.htm>. 7. Белоусов К. Теория и методология полиструктурного синтеза текста [Монография] / К. Белоусов. – М.: Флинта: Наука, 2009. – 216 с. 8. Вавіленкова А. . Проект комп'ютерної технології лінгвістичного аналізу електронних документів / А. І. Вавіленкова // Strategy of quality in industry and education: IX international conference, June 6–13, 2014. – Varna (Bulgaria), 2014. – P. 388 – 394. 9. Вавіленкова А. І. Методологічні основи автоматичного аналізу логіко-лінгвістичних моделей текстових документів / А. І. Вавіленкова // Математичні машини та системи. – 2015. – № 1. – С. 65–71. 10. Вавіленкова А. І. Застосування формальних алгоритмів у структурній лінгвістиці / А. І. Вавіленкова // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2014. – № 699. – С. 265–272. 11. Головкина С. Х. Лингвистический анализ текста // С. Х. Головкина, С. Н. Смольников. – Вологда: Издательский центр ВИРО, 2006. – 124 с. 12. Гальперин И. Р. Текст как объект лингвистического исследования. Изд. 5-тое, стереотипное / И. Р. Гальперин. – М: КомКнига, 2007. – 144 с. 13. Вавіленкова А. І. Застосування формальних алгоритмів у структурній лінгвістиці / А. І. Вавіленкова // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2014. – № 699. – С. 265–272.

УДК 004.94

Я. Соколовський, М. Москвітіна  
НЛТУ України, м. Львів

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДЕФОРМАЦІЙНО-РЕЛАКСАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ПОХІДНИХ ДРОБОВОГО ПОРЯДКУ

© Соколовський Я., Москвітіна М., 2015

З використанням апарату дробових диференціальних та інтегральних операторів досліджено математичні моделі деформаційно-релаксаційних процесів, пов'язаних з ефектами пам'яті та самоорганізації. Наведено аналітичні співвідношення для визначення деформацій та напружень узагальнених дробово-диференціальних стандартних реологічних моделей. Для інтегрального представлення цих моделей визначено ядра повзучості та релаксації, а також термодинамічні функції стану. Досліджено вплив параметрів дробового диференціювання на деформаційні процеси матеріалів.

**Ключові слова:** математична модель, похідні дробового порядку, функція Міттаг – Леффлера, реологічні моделі, деформаційні процеси.

In the work, with the use apparatus of the fractional differential and integral operators investigated mathematical models strain-relaxation processes related to memory effects and self-organization. These analytical relations for determining the strain and stress of generalized fractional differential standard rheological models. For the integral representation of these models are defined kernel creep and relaxation, as well as the thermodynamic state function. The investigated the influence of parameters of fractional differentiation on the deformation processes of materials.

**Key words:** mathematical model, derivatives of fractional order, Mittag-Leffler function, rheological models, deformation processes.

### Актуальність досліджень

Розроблення адекватних математичних моделей процесів в'язкопружного деформування та тепломасоперенесення у середовищах з фрактальною структурою, для яких характерні ефекти пам'яті, просторової нелокальності і самоорганізації має ґрунтуватися на використанні математичного апарату дробових інтегро-диференціальних операторів. Наявність у диференціальних