



УДК 504.052

## **СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ НАКОПИЧЕННЯ І ДИСИПАЦІЇ ЗНАНЬ**

**В.В. ЯСІНСЬКИЙ**

Запропоновано математичну модель процесів системного накопичення та дисипації знань, в основу якої покладено принцип міждисциплінарного взаємовпливу. Ідентифіковано критичні точки та стадії процесу дисипації. На основі аналізу результатів системних експериментальних досліджень асимптотики процесу дисипації знань виявлено феномен мотивованого формування людським мозком залишкових знань як деякої впорядкованої стійкої інформаційної структури. Встановлено, що середнє значення об'єму залишкових знань є інваріантним відносно всіх параметрів процесу накопичення та дисипації знань і дорівнює меншому з двох об'ємів, отриманих «золотим перетином» деякого максимально можливого об'єму знань, встановленого певними освітніми стандартами.

### **ВСТУП**

Однією з актуальних і невирішених проблем, яка стоїть перед сучасною вищою освітою, є системне вивчення природи формування залишкових знань, тобто тих знань, що залишаються у пам'яті випускників після достатньо великого проміжку часу по закінченню вищого навчального закладу.

Всі відомі педагогічні дослідження обмежуються переважно вивченням впливу традиційних факторів на досягнення найближчого результату — успішного проходження студентами певного виду педагогічного контролю (оцінювання безпосереднього відтворення вивченого). Ґрунтовно досліджені традиційні види педагогічного контролю залежно від часу його проведення (поточний, тематичний, рубіжний, підсумковий і заключний), розроблено різноманітні форми педагогічного контролю (іспити, заліки, усне опитування, письмові контрольні роботи, реферати, колоквіуми, семінари, лабораторні заняття, курсові та дипломні роботи тощо [3]).

Але досі ніде не розглядався контроль якості залишкових знань як ще однієї підсистеми контролю, що через свою особливість може стати фундаментальною у системі контролю якості підготовки фахівців у вищому навчальному закладі.

Поняття контролю залишкових знань можна зустріти в окремих публікаціях останнього часу, присвячених проблемам освіти. Але нерідко під цим розуміються лише окремі види та форми традиційного контролю.

При цьому відсутні роботи з вивчення самої природи залишкових знань та механізму їх формування.

У роботі запропонована загальна математична модель міждисциплінарного накопичення та дисипації (розсіювання, забування) знань. Наведено деякі результати експериментальних досліджень та комп'ютерного моделювання.

Отримано числові співвідношення, які розкривають феноменологію механізму дисипації знань, пов'язану з глибинними процесами «мотивованого» накопичення та зберігання інформації людським мозком.

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСІВ НАКОПИЧЕННЯ ТА ДИСИПАЦІЇ ЗНАНЬ

### Дискретизація процесу. $k$ -локальна інформаційна матриця та її згортки

Нехай відповідними освітніми стандартами передбачено, що за період навчання  $[0; T]$  у деякому вищому навчальному закладі кожен студент  $C_s^{(r)}$ ,  $s \in I(S_r) \triangleq \{1, 2, \dots, S_r\}$  певної спеціальності  $\Phi_r$ ,  $r \in I(N)$  має оволодіти знаннями із  $N_r$  різних, але взаємопов'язаних дисциплін  $D_1^{(r)}, D_2^{(r)}, \dots, D_{N_r}^{(r)}$ . Позначимо  $\Omega^{(r)}$  сукупність  $\{D_k^{(r)}\}_{k \in I(N_r)}$ .

Навчальні програми та плани спеціальності  $\Phi_r$  задають таке розбиття  $\beta_r = \{\tau_0^{(r)} = 0 < \tau_1^{(r)} < \dots < \tau_{n(r)}^{(r)} = T\}$  інтервалу  $[0; T]$ , що на кожному інтервалі  $\Delta_i^{(r)} = [\tau_{i-1}^{(r)}; \tau_i^{(r)})$  вивчається лише одна дисципліна  $D_k^{(r)}$  з множини  $\Omega_r$ , або не вивчається жодна з них. Нехай  $\beta_r \in V_r$ , де  $V_r$  — деяка задана множина.

Позначимо  $V_r^{(k)}$  впорядковану множину інтервалів часу  $(\Delta_{i_1}^{(r)}, \Delta_{i_2}^{(r)}, \dots, \Delta_{i_k}^{(r)})$ , де вивчається дисципліна  $D_k^{(r)} \notin \Omega_r$  (на інтервалі часу  $\Delta_{i_1}^{(r)}$  розпочинається вивчення  $D_k^{(r)}$ , а на інтервалі  $\Delta_{i_k}^{(r)}$  — закінчується).

Розбиття  $\beta_k$  задає деяке відображення  $f: I(N_r) \rightarrow V_r^{(k)}$ .

Кожній дисципліні  $D_k^{(r)} \in \Omega_r$  та кожному студенту  $C_s^{(r)}$  поставимо у відповідність деяку матрицю  $\mathbf{M}_{k,s}^{(r)}(\tau)$  розміру  $m_{k,s}^{(r)} \times n_{k,s}^{(r)}$ , яку назвемо  $k$ -локальною інформаційною матрицею. На кожен момент часу  $\tau \geq 0$  елементи матриці  $\mathbf{M}_{k,s}^{(r)}(\tau)$  визначають деякі числові значення всього спектру параметрів, що відповідають основні характеристики процесу накопичення та дисипації знань з дисципліни  $D_k^{(r)} \in \Omega_r$ .

Для кожної дисципліни  $D_k^{(r)} \in \Omega_r$  множину всіх матриць  $\mathbf{M}_{k,s}^{(r)}(\tau)$  позначимо  $X_k$ .

Кожному студенту  $C_s^{(r)}$  поставимо у відповідність впорядковану множину  $\tilde{\mathbf{M}}_s^{(r)}(\tau) = (\tilde{\mathbf{M}}_{1,s}^{(r)}(\tau), \dots, \tilde{\mathbf{M}}_{N_r,s}^{(r)}(\tau))$ . Назвемо інформаційною мегаматрицею, що відповідає усій сукупності дисциплін  $D_k^{(r)}$ , і розглянемо, як одну цілісну мегадисципліну  $D^*$ . Зауважимо, що  $\tilde{\mathbf{M}}_s^{(r)}(\tau) = \prod_{k \in I(N_r)} X_k$ .

### Системна дисипація знань

Будемо говорити, що на інтервалі  $\Delta_i$  має місце системна дисипація знань (з мегадисципліни  $D^*$ ), якщо на інтервалі  $\Delta_i$  не вивчається жодна з дисциплін множини  $\Omega_r$ .

Нехай відповідну трансформацію кожної  $k$ -локальної інформаційної матриці  $\mathbf{M}_{k,s}^{(r)}(\tau_{i-1}^{(r)})$ ,  $s \in I(S_r)$ , у матрицю  $\mathbf{M}_{k,s}^{(r)}(\tau_i^{(r)})$  на інтервалі  $\Delta_i$  здійснює деякий морфізм  $\bar{h}_{k,s,i}^{(r)}$ , який будемо називати  $(i,k)$ -локальним морфізмом системної дисипації знань.

### Системне накопичення знань, породжене локальним $(i,k)$ -ядром

Будемо говорити, що на інтервалі  $\Delta_i$  має місце системне накопичення знань (з мегадисципліни  $D^*$ ), породжене локальним  $(i,k)$ -ядром, якщо на інтервалі вивчається лише одна дисципліна  $D_k^{(r)} \in \Omega_r$ .

Нехай відповідну трансформацію  $k$ -локальної інформаційної матриці  $\mathbf{M}_{k,s}^{(r)}(\tau_{i-1}^{(r)})$  у матрицю  $\mathbf{M}_{k,s}^{(r)}(\tau_i)$  на інтервалі  $\Delta_i$  здійснює деякий морфізм  $\hat{h}_{k,s,i}^{(r)}$ , який будемо називати локальним  $(i,k)$ -ядерним морфізмом накопичення знань.

Сукупність усіх локальних  $(i,k)$ -ядерних морфізмів накопичення знань позначимо  $\tilde{H}_{k,s,i}^{(r)}$ .

Нехай при цьому відповідну трансформацію кожної з матриць  $\mathbf{M}_{m,s}^{(r)}(\tau_{i-1}^{(r)})$  в матрицю  $\mathbf{M}_{m,s}^{(r)}(\tau_i^{(r)})$ ,  $m \in I(N_r)$ ,  $m \neq k$  на інтервалі  $\Delta_i$  здійснює деякий морфізм  $h_{m,s,i}^{(r,k)}$ , який є суперпозицією морфізмів  $\bar{h}_{m,s,i}^{(r,k)}$  та  $\hat{h}_{m,s,i}^{(r,k)}$  і визначається діаграмою

$$\mathbf{M}_{m,s}^{(r)}(\tau_{i-1}^{(r)}) \xrightarrow{\bar{h}_{m,s,i}^{(r,k)}} \tilde{\mathbf{M}}_{m,s}^{(r)}(\tau_i^{(r)}) \xrightarrow{\hat{h}_{m,s,i}^{(r,k)}} \mathbf{M}_{m,s}^{(r)}(\tau_i^{(r)}).$$

Морфізм  $\bar{h}_{m,s,i}^{(r,k)}$  будемо називати локальним  $(i,m,k)$ -ядерним морфізмом дисипації знань, а морфізм  $\hat{h}_{m,s,i}^{(r,k)}$  - локальним  $(i,m,k)$ -ядерним морфізмом корекції.

**Формування  $k$ -локальної інформаційної матриці на інтервалі  $\Delta_i$**

Введемо індикатор  $\delta_r(\Delta_i)$ :

а)  $\delta(\Delta_i) = k$ , якщо на інтервалі  $\Delta_i$  має місце системне накопичення інформації, породжене локальним  $(i, k)$ -ядром;

б)  $\delta(\Delta_i) = 0$ , якщо на інтервалі  $\Delta_i$  має місце системна дисипація знань, породжена локальним  $(i, k)$ -ядром.

Тоді в кожен момент часу  $\tau_i$  компоненти  $\mathbf{M}_{l,s}^{(r)}(\tau_i^{(r)})$  інформаційної мегаматриці  $\tilde{\mathbf{M}}_s^{(r)}(\tau_i^{(r)})$  визначають такі діаграми:

а) якщо  $\delta(\Delta_i) = k$ , то

$$M_{l,s}^{(r)}(\tau_{i-1}^{(r)}) \xrightarrow{\bar{h}_{l,s,i}^{(r)}} M_{l,s}^{(r)}(\tau_i^{(r)}),$$

$$\bar{h}_{l,s,i}^{(r)} = \begin{cases} \hat{h}_{l,s,i}^{(r)}, & l \neq k, \\ h_{l,s,i}^{(r,k)}, & l \in I(N_r), k \neq l; \end{cases}$$

б) якщо  $\delta(\Delta_i) = 0$ , то

$$M_{l,s}^{(r)}(\tau_{i-1}^{(r)}) \xrightarrow{\bar{h}_{l,s,i}^{(r)}} M_{l,s}^{(r)}(\tau_i^{(r)}).$$

**Загальна природа структури локальних  $(i, k)$ -ядерних морфізмів накопичення знань та локальних  $(i, k)$ -ядерних морфізмів системної дисипації знань**

Під морфізмами будемо розуміти структуровані сукупності факторів (у тому числі керованих) різної природи, що впливають за деякими законами на процеси накопичення та дисипації знань.

Позначимо  $\sigma_k, \sigma_r, \sigma_i, \sigma_s$  складові структури морфізмів  $\hat{h}_{k,s,i}^{(r,k)}$  та  $\bar{h}_{k,s,i}^{(r,k)}$ , які відповідають індексам  $k, r, i, s$ ,

$\sigma_k$  — внутрішні фактори впливу на процес накопичення та дисипації самого об'єкта — дисципліни  $D_k^{(r)} \in \Omega_r$  (її програмне, науково-методичне та матеріальне забезпечення, рівень професорсько-викладацького складу тощо);

де  $\sigma_r$  — зовнішні фактори, пов'язані із специфікою структури самої спеціальності (гармонічність її міждисциплінарних зв'язків);

$\sigma_i$  — вплив фактора часу, зокрема, скільки часу виділяється на вивчення дисципліни  $D_k^{(r)}$  і коли саме вона вивчається;

$\sigma_s$  — фактори складної природи (психофізіологічні, соціальні, економічні та ін.), центральним серед яких є людський фактор, тобто людина з

його внутрішнім світом. Ці фактори у відомих педагогічних дослідженнях, як правило, залишались «за кадром», але сумарний вплив їх, спричиняє «резонансне» нелінійне підсилення або послаблення певних характеристик процесу [2, 4].

### Моніторинг процесів накопичення і дисипації знань та управління цими процесами

Інтегральні числові значення  $L_{k,s}^{(r,p)}(\tau)$  характеристик  $\chi_p$ ,  $p \in I(P)$  процесу накопичення та дисипації знань з дисципліни  $D_k^{(r)}$  у фіксований момент  $\tau$  будемо обчислювати деякими згортками  $\Phi_p$  матриці  $\mathbf{M}_{k,s}^{(r)}(\tau)$ :  $\Phi_p \{ \mathbf{M}_{k,s}^{(r)}(\tau) \} = L_{k,s}^{(r,p)}(\tau) \in R$ .

Інтегральні числові значення  $L_s^{(r,j)}(\tau)$  характеристик  $\chi_j^*$ ,  $j \in I(J)$  процесу накопичення та дисипації знань з мегадисципліни  $D^*$  у фіксований момент  $\tau$  будемо обчислювати деякими згортками  $\tilde{\Phi}_j$  матриці  $\tilde{\mathbf{M}}_s^{(r)}(\tau)$ :  $\tilde{\Phi}_j \{ \tilde{\mathbf{M}}_s^{(r)}(\tau) \} = L_s^{(r,j)}(\tau) \in R$ .

Моніторинг процесів накопичення та дисипації знань — це спостереження у часі  $\tau > 0$  за параметризованими множинами

$$\left\{ L_{k,s}^{(r,p)}(\tau) \right\}, \left\{ L_s^{(r,j)}(\tau) \right\},$$

де  $k \in I(N_r)$ ,  $r \in I(N)$ ,  $s \in I(S_r)$ ,  $p \in I(P)$ ,  $j \in I(J)$  з метою виявлення відповідності їх характеристик певним стандартам.

Управління процесом накопичення та дисипації знань — це такий вибір  $\beta_s \in B_r$ ,  $B_r^k$  та морфізмів  $\bar{h}_{k,s,i}^{(r)}$ ,  $\hat{h}_{k,s,i}^{(r)}$ ,  $\bar{h}_{m,s,i}^{(r,k)}$ ,  $\hat{h}_{m,s,i}^{(r,k)}$ , який гарантує у визначені моменти часу досягнення заданих значень характеристик процесу.

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ФОРМУВАННЯ ЗАЛИШКОВИХ ЗНАНЬ

### Планування експерименту та науково-методичне його супроводження. Деякі кількісні характеристики

В НТУУ «КПІ» впродовж багатьох років ведуться масштабні системні дослідження природи накопичення та дисипації знань.

Основною формою проведення досліджень є ректорський контроль якості залишкових знань студентів четвертого та п'ятого курсів всіх спеціальностей університету як складової постійного моніторингу якості підготовки фахівців.

Кожного семестру ректорським контролем охоплюється близько трьох тисяч студентів четвертого або п'ятого курсів 118 спеціальностей.

Сформовано банк діагностичних знань, який містить понад 350 тисяч завдань з 1230 дисциплін, які представлені блоками фундаментальних, гуманітарних, професійно-орієнтованих та фахових дисциплін.

Іншою важливою формою досліджень є проведення для студентів перших — четвертих курсів щосеместрових контрольних робіт по збереженню знань (КРЗЗ) з вищої математики — фундаментальної дисципліни, яка відповідає усім спеціальностям університету та займає одне з центральних місць у становленні майбутніх фахівців.

КРЗЗ з математики проводяться щосеместрово для всіх навчальних груп кожної спеціальності. Ними охоплюється в кожному семестрі близько чотирьох тисяч студентів. Банк діагностичних завдань з усіх розділів вищої математики містить понад 30 тисяч завдань.

Розроблено відповідні науково-методичні засади планування та проведення ректорського контролю якості залишкових знань та КРЗЗ з вищої математики.

Якщо ректорський контроль більшу увагу зосереджує на вивченні асимптотики процесу дисипації знань, то КРЗЗ — на вивченні зародження певних тенденцій майбутньої поведінки цих процесів. «Склеювання» в часі результатів цих двох форм дослідження дало можливість ідентифікувати відповідні причинно-наслідкові зв'язки процесу та побудувати адекватну комп'ютерну модель.

Основу арсеналу науково-методичних засобів дослідження процесів накопичення та дисипації знань складає інструментарій системного аналізу [1].

### **Об'єм та якість знань — основні характеристики процесу дисипації знань. Траєкторії усереднення значень об'єму та якості збережених знань**

Визначальними характеристиками процесу дисипації знань з певної дисципліни є об'єм та якість збережених знань у кожний момент часу  $\tau$  після її вивчення.

Нехай

$$L_{k,s}^{(r,p_1)}(\tau) = \Phi_{p_1} \left( \mathbf{M}_{k,s}^{(r)}(\tau) \right)$$

— числове значення об'єму знань з дисципліни  $D_k^{(r)}$  на момент часу  $\tau \geq \tau_{i_k}^{(r)}$  ( $\tau_{i_k}^{(r)}$  — момент закінчення вивчення дисципліни  $D_k^{(r)}$ ), де  $\Phi_{p_1}$  — деяка згортка інформаційної матриці  $\mathbf{M}_{k,s}^{(r)}(\tau)$ .

Нехай

$$L_{k,s}^{(r,p_2)}(\tau) = \Phi_{p_2} \left( \mathbf{M}_{k,s}^{(r)}(\tau) \right)$$

— числове значення якості засвоєння студентом  $C_s^{(r)}$  об'єму знань  $L_{k,s}^{(r,p_1)}(\tau)$ , де  $\Phi_{p_2}$  — деяка згортка інформаційної матриці  $\mathbf{M}_{k,s}^{(r)}(\tau)$ .

Статистичний аналіз результатів педагогічних експериментів (об'єм кожної вибірки  $n > 2500$ ) показав, що при фіксованих  $\tau \geq \tau_{i_k}^{(r)}$  та  $r \in I(N)$ ,

числові масиви  $\left\{ L_{k,s}^{(r,p_1)}(\tau) \right\}_{s \in I(N_s)}$  та  $\left\{ L_{k,s}^{(r,p_2)}(\tau) \right\}_{s \in I(N_s)}$  можна розгляда-

ти як значення деяких нормально розподілених випадкових величин  $\bar{\xi}_{k,s}$  та  $\tilde{\xi}_{k,s}$  відповідно.

Позначимо  $V_{k,r}(\tau)$  та  $Q_{k,r}(\tau)$  математичні сподівання випадкових величин  $\bar{\xi}_{k,s}$  та  $\tilde{\xi}_{k,s}$ , а  $\Gamma_{k,r}^V = \left\{ \tau; V_{k,r}(\tau) \right\}_{\tau \geq \tau_{i_k}^{(r)}}$ ,  $\Gamma_{k,r}^Q = \left\{ \tau; Q_{k,r}(\tau) \right\}_{\tau \geq \tau_{i_k}^{(r)}}$  відповідні їм траєкторії.

**Три перші стадії процесу дисипації знань та їх особливості. Залежність критичних точок процесу дисипації від початкових умов**

Відмітимо деякі закономірності динаміки процесу дисипації знань, які виявлені системним вивченням та узагальненням результатів ректорського контролю якості залишкових знань (2005 — 2007 рр.) та КРЗЗ з вищої математики (1992 — 2007 рр.).

Статистична обробка результатів педагогічних експериментів дала можливість для кожної дисципліни  $D_k^{(r)}$  ідентифікувати таку пару точок  $\tau_{k,r}^{(1)}$  і  $\tau_{k,r}^{(2)}$  (назвемо їх критичними точками процесу дисипації знань), яка однозначно визначає перші три стадії процесу дисипації знань (рис. 1). На першій

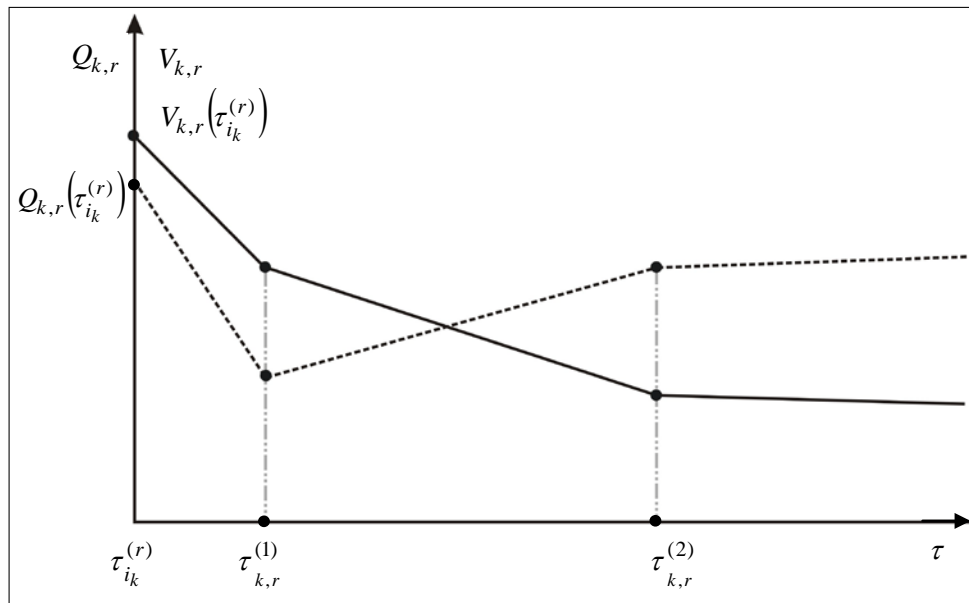


Рис. 1. Залежність  $V_{k,r}(\tau)$  та  $Q_{k,r}(\tau)$  від часу  $\tau > \tau_{i_k}^{(r)}$  стадії, яка відповідає часовому інтервалу  $\left[ \tau_{i_k}^{(r)}; \tau_{k,r}^{(1)} \right]$ , що настає відразу після закінчення вивчення дисципліни  $D_k^{(r)}$ , інтенсивність дисипації найбільша — об’єм засвоєного матеріалу різко падає. При цьому спостерігається синхронний спад якості володіння матеріалом, який залишається в пам’яті. Це стадія «внутрішнього хаосу» — пам’ять інтенсивно звільняється від усього формального, незакріпленого, зайвого.

На другій стадії, яка відповідає часовому інтервалу  $[\tau_{k,r}^{(1)}; \tau_{k,r}^{(2)}]$ , процес дисипації дещо уповільнюється — матеріал, що залишається в пам'яті, структурується, формуються і закріплюються нові змістовні зв'язки. При цьому якість володіння цим матеріалом починає зростати.

На третій стадії ( $\tau > \tau_{k,r}^{(2)}$ ) процес дисипації значно уповільнюється, завершується остаточна структуризація інформації та закріплення її в довгостроковій пам'яті.

Зауважимо, що графіки реальних залежностей  $V_{k,r}(\tau)$ ,  $Q_{k,r}(\tau)$  від  $\tau$  будуть дещо деформовані системним впливом міждисциплінарних зв'язків спеціальності  $\Phi_r$ .

На рис. 2 — 4 ілюструється залежність критичних точок від деяких початкових умов процесу дисипації знань, а саме — значень об'єму  $V_{k,r}(\tau_{i_k}^{(r)})$  та якості  $Q_{k,r}(\tau_{i_k}^{(r)})$  знань з дисципліни  $D_k^{(r)}$  на момент закінчення її вивчення. Суцільна лінія відповідає траєкторії  $\Gamma_{k,r}^V$  з початковими умовами

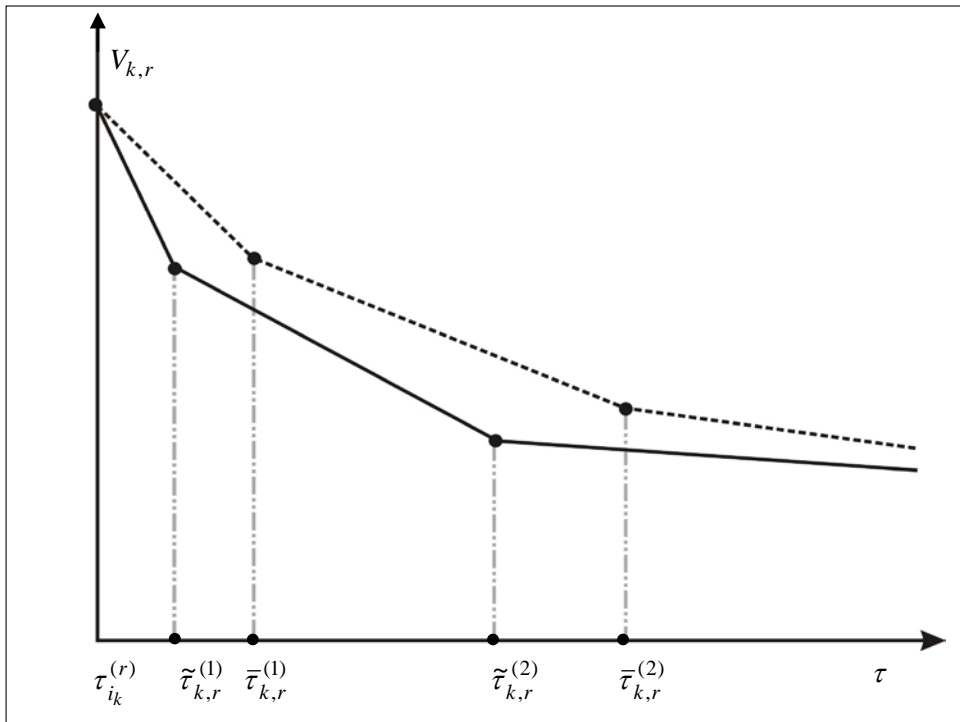


Рис. 2. Взаємне розміщення критичних точок  $\tilde{\tau}_{k,r}^{(1)}$ ,  $\bar{\tau}_{k,r}^{(1)}$ ,  $\tilde{\tau}_{k,r}^{(2)}$ ,  $\bar{\tau}_{k,r}^{(2)}$ , якщо  $\bar{V}_{k,r} = \tilde{V}_{k,r}$ ,  $\bar{Q}_{k,r} > \tilde{Q}_{k,r}$

$$\begin{cases} V_{k,r}(\tau_{i_k}^{(r)}) = \bar{V}_{k,r}, \\ Q_{k,r}(\tau_{i_k}^{(r)}) = \bar{Q}_{k,r}; \end{cases}$$

а пунктирна — траєкторії  $\Gamma_{k,r}^V$ , з початковими умовами



$$\begin{cases} V_{k,r}(\tau_{i_k}^{(r)}) = \tilde{V}_{k,r}, \\ Q_{k,r}(\tau_{i_k}^{(r)}) = \tilde{Q}_{k,r}. \end{cases}$$

Відповідні критичні точки позначимо  $\bar{\tau}_{k,r}^{(1)}$ ,  $\bar{\tau}_{k,r}^{(2)}$ ,  $\tilde{\tau}_{k,r}^{(1)}$ ,  $\tilde{\tau}_{k,r}^{(2)}$ .

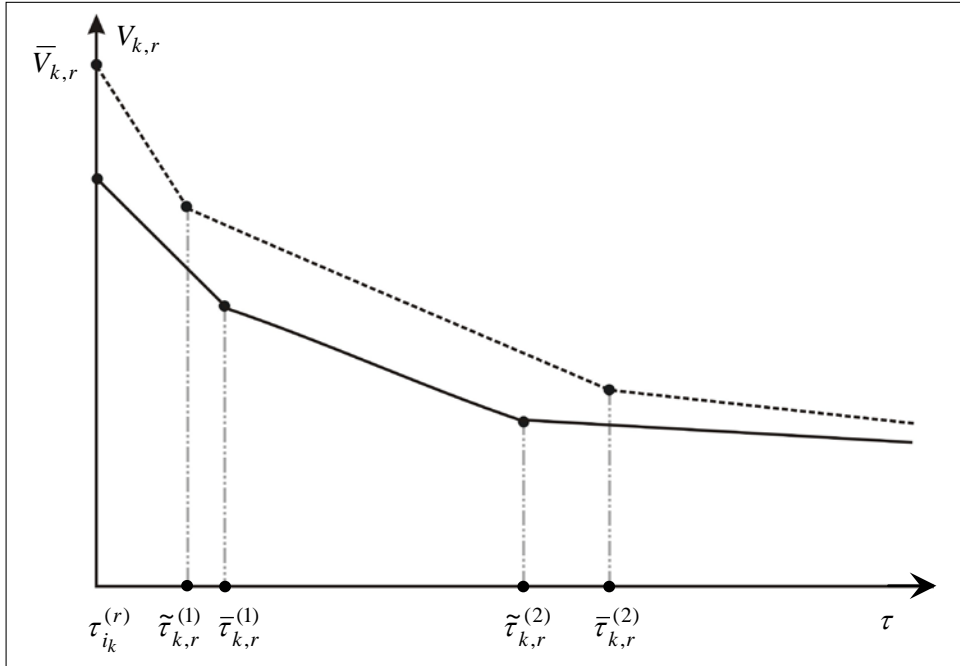


Рис. 3. Взаємне розміщення критичних точок  $\tilde{\tau}_{k,r}^{(1)}$ ,  $\bar{\tau}_{k,r}^{(1)}$ ,  $\tilde{\tau}_{k,r}^{(2)}$ ,  $\bar{\tau}_{k,r}^{(2)}$ , якщо  $\bar{V}_{k,r} > \tilde{V}_{k,r}$ ,  $\bar{Q}_{k,r} = \tilde{Q}_{k,r}$

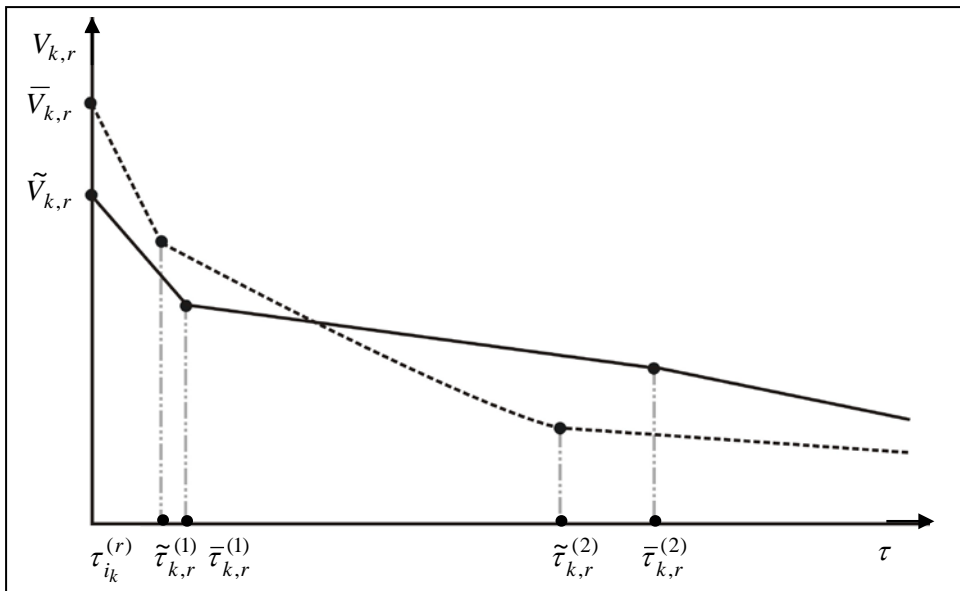


Рис. 4. Взаємне розміщення критичних точок  $\tilde{\tau}_{k,r}^{(1)}$ ,  $\bar{\tau}_{k,r}^{(1)}$ ,  $\tilde{\tau}_{k,r}^{(2)}$ ,  $\bar{\tau}_{k,r}^{(2)}$ , якщо  $\bar{V}_{k,r} > \tilde{V}_{k,r}$ ,  $\bar{Q}_{k,r} < \tilde{Q}_{k,r}$

### Асимптотика процесу дисипації знань та «золотий перетин». Феноменологічна природа відношення $\lambda(\tau)$

Надзвичайно важливим є вивчення асимптотики процесу дисипації знань, тобто системне дослідження цього процесу в часовій області його значного уповільнення ( $\tau > \tau_{k,r}^{(2)}$ ). Адже тільки при існуванні у цій області деяких часових «острівків стійкості» процесу дисипації знань (майже повного його згасання) можна говорити про існування самих залишкових знань як деякої впорядкованої структури, що є стабільною хоча б на деякому часовому інтервалі, а не структурою з миттєвою конфігурацією.

Позначимо  $V_{k,r}^{\max}$  — чисельне значення максимально можливого об'єму знань (інформації) з дисципліни  $D_k^{(r)}$ , який визначається певними освітніми стандартами.

На основі аналізу результатів системних експериментальних досліджень асимптотики процесу дисипації знань виявлено феномен мотивованого формування людським мозком залишкових знань як деякої впорядкованої стійкої інформаційної структури, а саме, для кожної дисципліни  $D_k^{(r)}$  існують такі значення часу  $\tau_{k,r}^0$  та  $\tau_{k,r}^*$ , що для всіх  $\tau \in [\tau_{k,r}^0; \tau_{k,r}^*]$  виконується умова

$$\lambda(\tau) = V_{k,r}^{\max} : V_{k,r}(\tau) \cong 1,618, \quad (*)$$

яка інваріантна відносно усіх параметрів процесу дисипації та накопичення знань з дисципліни  $D_k^{(r)}$ .

Позначимо  $\tau_{k,r}^{\min}$  мінімальне значення часу, а  $\tau_{k,r}^{\max}$  — максимальне, що для всіх  $\tau \in [\tau_{k,r}^{\min}; \tau_{k,r}^{\max}]$  має місце (\*). Тоді число  $\gamma_{k,r} = \tau_{k,r}^{\max} - \tau_{k,r}^{\min}$  визначає термін зберігання пам'яттю в режимі мотивованого очікування «золотої

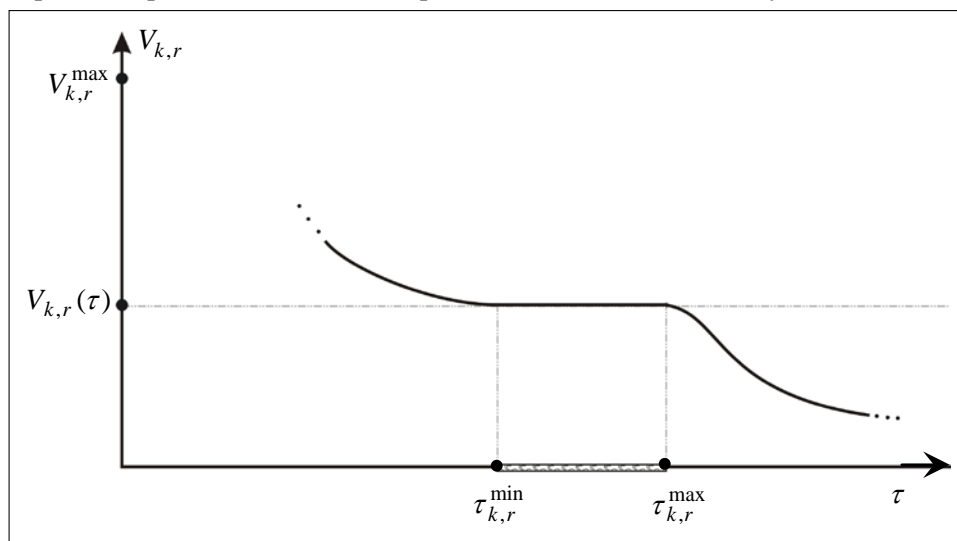


Рис. 5. Поведінка  $V_{k,r}(\tau)$  на інтервалі  $[\tau_{k,r}^{\min}; \tau_{k,r}^{\max}]$

порції» залишкових знань з дисципліни  $D_k^{(r)}$  у майже незмінному вигляді (рис. 5).

Отже, на інтервалі часу  $[\tau_{k,r}^{\min}; \tau_{k,r}^{\max}]$  об'єм залишкових знань практично не змінюється і дорівнює меншому з двох об'ємів, отриманого «золотим перетином» максимально можливого об'єму  $V_{k,r}^{\max}$ .

Пам'ять утримує на цьому інтервалі весь об'єм залишкових знань  $V_{k,r}(\tau)$  з «надією» на його використання. Якщо ж цього не відбувається, процес дисипації уподальшому різко прискорюється.

Підсумовуючи сказане, можна припустити, що механізм включення режиму «мотивованого очікування» і відношення  $\lambda(\tau)$  мають феноменологічну природу, пов'язану з глибинними процесами мотивованого накопичення деякої інформації людським мозком.

## ВИСНОВКИ

Процес формування залишкових знань як деякої впорядкованої стійкої інформаційної структури має глибоку феноменологічну природу.

Критичні точки процесу дисипації однозначно ідентифікують стадії його розвитку.

Запропонована математична модель, в основу якої покладено принцип міждисциплінарного взаємовпливу, дозволяє, зокрема, вивчити «резонансне» нелінійне підсилення або послаблення певних характеристик процесів накопичення та дисипації знань, яке породжується системним впливом структурованих сукупностей факторів складної природи (психофізіологічних, соціальних, економічних і т. ін.), центральним серед яких є людський фактор.

Проведені дослідження та отримані результати можуть служити відправною точкою для проведення подальших робіт по створенню методологічних засад моніторингу процесів накопичення та дисипації знань, управління цим процесом, контролю якості формування залишкових знань у вищому навчальному закладі як універсальної системи оцінювання результативності навчального процесу в цілому.

## ЛІТЕРАТУРА

1. *Згуровський М.З., Панкратова Н.Д.* Основи системного аналізу // — Київ: Видавнича група ВНУ, 2007. — 544 с.
2. *Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г.* Синергетика и прогнозы будущего (Синергетика: от прошлого к будущему). — 3-е изд. — М.: Едиторнал УССР, 2003. — 288 с.
3. *Слепкань З.І.* Наукові засади педагогічного процесу у вищій школі: Навч. пос. — Київ: Вища шк., 2005. — 239 с.
4. *Психология памяти* / Под ред. Ю.Б. Гиппенрейтер, В.Я. Романова (Серия: Хрестоматия по философии). — М.: Че Ро, 2000. — 816 с.

Надійшла 00.00.2007