

<https://doi.org/10.31649/1997-9266-2019-145-4-49-57>

УДК 159.953.015:51

Б. І. Мокін¹
О. О. Войцеховська¹

УДОСКОНАЛЕННЯ ЙМОВІРНІСНОЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ЗАБУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ, ОТРИМАНОЇ СТУДЕНТОМ НА ЛЕКЦІЇ

¹Вінницький національний технічний університет

Удосконалено математичну модель «кривої забування», породженої Г. Еббінгаузом. В удосконаленій моделі враховано і синергетичну складову, що уповільнює процес забування за рахунок внутрішньої роботи мозку у той відрізок часу, в який нова інформація до цього мозку не надходить, запропоновану Б. І. Мокіним, і складову, запропоновану Л. М. Присняковою, що задає значення тієї частки початкової інформації, яка ніколи з пам'яті індивідуума не стирається.

Розроблено алгоритм ідентифікації удосконаленої математичної моделі «кривої Г. Еббінгауза» і проаналізовані причини появи некоректних рішень з його застосуванням та вказані шляхи подолання цієї некоректності.

Розширено базу обґрунтування необхідності переходу від «кривої забування», породженої Г. Еббінгаузом, при аналізі процесів забування початкової інформації, отриманої студентом від викладача на лекції, до «смуг забування», породжених Б. І. Мокіним та О. Б. Мокіним. Якщо раніше ця база ґрунтувалась лише на особливостях оброблення експериментальних даних та центральній граничній теоремі Лапласа стосовно ймовірнісних даних, підпорядкованих нормальному закону розподілу, то її розширення відбулося ще й завдяки необхідності подолання некоректності розв'язання системи рівнянь, на яких базується алгоритм ідентифікації удосконаленої математичної моделі «кривої забування».

Побудовано нові границі «смуг забування», які, як і в алгоритмі їх побудови, запропонованому Б. І. Мокіним та О. Б. Мокіним, використовують відоме з теорії ймовірностей правило «трьох сігм», але адекватніше відображають ці «смуги» і вивільняють їх від ділянок, на яких забування інформації набуває знака «мінус», не властивого для цього процесу.

Ключові слова: процес забування інформації, крива забування Г. Еббінгауза, смуги забування Б. Мокіна та О. Мокіна, моделювання, удосконалення моделей «кривої» і «смуг».

Аналіз попередніх робіт за тематикою статті та постановка задачі

В роботі [1] авторами запропоновано системний підхід до аналізу процесу функціонування закладу вищої освіти, згідно з яким в процесі цього аналізу необхідно використовувати увесь комплекс математичних моделей, що зв'язують між собою усі змінні, як зовнішні так і внутрішні, що характеризують цей процес, і визначена структура усіх можливих зв'язків між цими змінними.

Однією з ключових ланок у цій структурі, як показано на рис. 3 у роботі [1], є студент, який за своє знання як під час аудиторних занять з викладачем, так під час самостійної роботи, користуючись інформацією, добутою з навчальних посібників, монографій, наукових статей та Інтернету.

А однією з базових математичних моделей, за допомогою яких здійснюється прогнозування ступеня засвоєння студентом інформації, отриманої від викладача на аудиторних заняттях з вивчення конкретної навчальної дисципліни, є математична модель процесу забування цієї інформації в проміжку між двома послідовними заняттями, які проводить цей викладач.

Першу таку модель у вигляді «кривої забування» запропонував у 1885 році Г. Еббінгауз [2], [3] — ця «крива» подана у вигляді лінії 1 на рис. 1 [4], одним зі співавторів якої є співавтор цієї статті. Для апроксимації «кривої Г. Еббінгауза» в роботі [5], серед співавторів якої теж є один зі співав-

торів цієї статті, запропоновано математичну модель, яка враховує синергетичну складову $\alpha_{12}x_1x_2$, і має вигляд функції

$$x_1^*(t) = 100e^{(-0,08013 + \alpha_{12}x_2)t}, \quad (1)$$

у якій змінна x_2 грає роль параметра, а значення синергетичної складової у показнику експоненти, тобто $\alpha_{12}x_2$, перед наступною лекцією через тиждень, тобто через 168 годин, дорівнює 0,06980, що й забезпечує можливість отримати точку на «кривій забування» за Г. Еббінгаузом

$$x_1(168) = 18\%. \quad (2)$$

Тобто, саме за рахунок такої зваженої відносної кількості знань по темі лекції, зумовленої спонтанною синергетичною складовою, викликаною нецілеспрямованим згадуванням, у пам'яті студента залишається через тиждень після її прослуховування 18% від тієї кількості знань, які він отримав на цій лекції.

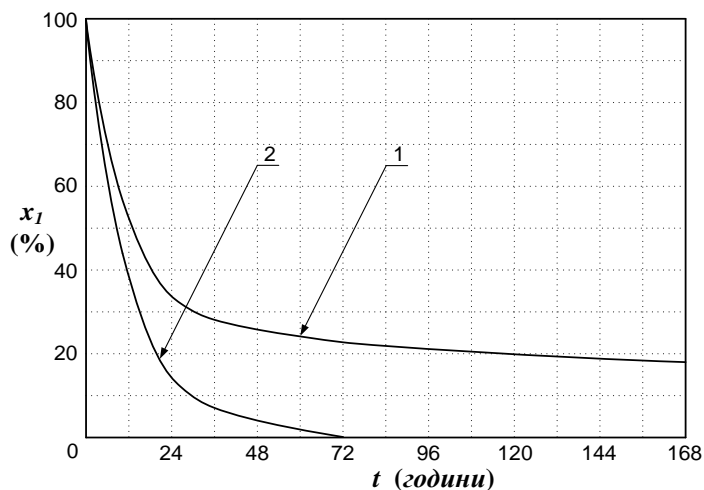


Рис. 1. Тижневі графіки кривої забування 1 — за Г. Еббінгаузом: 2 — лінія чистого забування

ни її ймовірностей $f(x_1(t_k))$ має вигляд

$$f(x_1(t_k)) = \frac{1}{\sigma_{x_1(t_k)}\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x_1(t_k) - m_{x_1(t_k)}}{\sigma_{x_1(t_k)}}\right)^2}, \quad k = 1, 2, \dots, n, \quad (3)$$

де $m_{x_1(t_k)}$ — усереднене значення (математичне очікування) випадкової величини $x_1(t_k)$ в контрольний момент часу t_k (точка на «кривій забування» Г. Еббінгауза в момент часу t_k), а $\sigma_{x_1(t_k)}$ — середньоквадратичне відхилення випадкових значень $x_1(t_k)$ від математичного очікування $m_{x_1(t_k)}$ цієї випадкової величини в певний контрольний момент часу, числове значення для якого з використанням кривої «чистого забування», яка впливає з математичної моделі (1) за нульової синергетичної складової і подана у вигляді лінії 2 на рис. 1, та правила «трьох сігм» [7] запропоновано знаходити з рівняння

$$24 - 3\sigma_{x_1(t_k=72)} = 0, \quad (4)$$

тобто у вигляді

$$\sigma_{x_1(t_k=72)} = \frac{24}{3} = 8\%. \quad (5)$$

У роботі [4] показано, що три «смуги забування» в процентних діапазонах ймовірностей 65; 95; 99,7, які визначаються співвідношеннями

$$J_{65\%} = (m_{x_1(t_k)} - \sigma_{x_1(t_k)}, m_{x_1(t_k)} + \sigma_{x_1(t_k)}); \quad (6)$$

$$J_{95\%} = (m_{x_1(t_k)} - 2\sigma_{x_1(t_k)}, m_{x_1(t_k)} + 2\sigma_{x_1(t_k)}); \quad (7)$$

$$J_{99,7\%} = (m_{x_1(t_k)} - 3\sigma_{x_1(t_k)}, m_{x_1(t_k)} + 3\sigma_{x_1(t_k)}) \quad (8)$$

і мають вигляд, показаний на рис. 2.

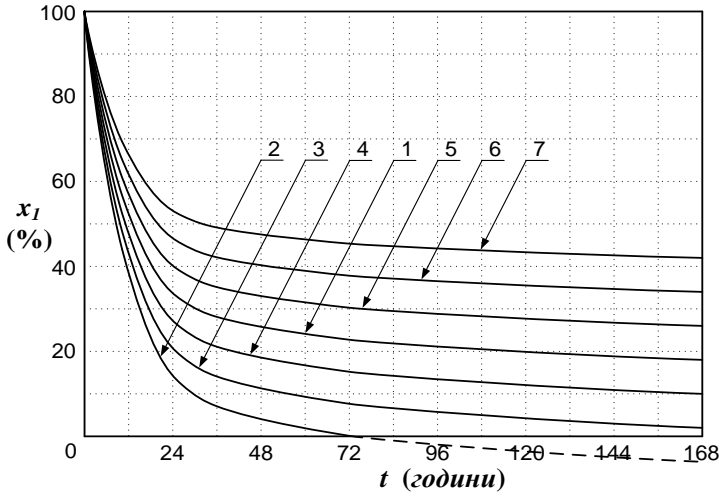


Рис. 2. Тижневі графіки кривої забування: 1 — за Г. Еббінгаузом; смуги забування, обмежені лініями 2 і 7, лініями 3 і 6, та лініями 4 і 5

Смуга забування, обмежена лініями 4 і 5 на рис. 2, задається виразом (6), та, що обмежена лініями 3 і 6 — виразом (7), а та, що обмежена лініями 2 і 7 — виразом (8).

Обговорення концепції розширення «кривої забування», експериментально побудованої Г. Еббінгаузом, до запропонованих авторами роботи [4] «смуг забування», на семінарах за участю професійних психологів, привели до висновків, що сама концепція розширення «кривої» до «смуг» є плідною і такою, що не суперечить даним експериментальних досліджень, але ця концепція потребує удосконалення в частинах:

1) уточнення базової для синтезу «смуг забування» математичної моделі «кривої Г. Еббінгауза», оскільки згідно з тією моделлю, що запропонована виразом (1), з плином часу забувається все, у той час, як практика свідчить, що, на якомусь, хоча б незначному рівні, інформація, отримана в аудиторії за тематикою навчальної дисципліни від викладача, зберігається не лише упродовж усього терміну вивчення цієї навчальної дисципліни, але і упродовж подальшого життя за межами не лише цього терміну, але і по закінченню навчального закладу;

2) необхідності «упакування» навіть найширшої «смуги забування» в межах квадранту площини з позитивною оцінкою рівнів забування інформації, оскільки забування зі знаком мінус не буває, а тому недоцільно його інтерпретувати в термінах генерування дезінформації.

Удосконалення концепції розширення «кривої» до «смуг» з метою її «очищення» від недоліків, зазначених вище, і є суттю задачі нашого дослідження, викладенню результатів якого присвячена друга частина цієї нашої статті.

Викладення результатів удосконалення концепції

Почнемо з уточнення базової для синтезу «смуг забування» математичної моделі «кривої Г. Еббінгауза».

Серед професійних психологів знаходить підтримку математична модель, запропонована в роботі [8] і має вигляд

$$\bar{I} = \bar{\phi} + (1 - \bar{\phi})e^{-\frac{t}{T}}, \quad (9)$$

в якій відносними величинами $\bar{I} = \frac{I}{I_0}$ та $\bar{\phi} = \frac{I_c}{I_0}$ задається поточне значення інформації I , що забувається піддослідним індивідом, після отримання її ним у кількості I_0 в початковий момент часу $t=0$, і та частка I_c від початкової інформації, що залишається в пам'яті індивідуума назавжди, а параметром T позначено відрізок часу, за який забувається $\frac{2}{3}$ від початкової кількості інформації, тобто, від I_0 .

Зауважимо, що зв'язок між лівою частиною моделі (1), в якій процес забування інформації виражається в процентах від початкової її кількості, та лівою частиною моделі (9), в якій процес забування інформації виражається в долях від початкової її кількості, має вигляд

$$x_1 = 100\bar{I}. \quad (10)$$

Другою відмінністю цих моделей є те, що в моделі (1) час t задається в годинах, відлік яких починається від моменту отримання індивідумом початкової інформації, тобто, ця модель задає процес забування інформації у вигляді $x_1(t)$, а в моделі (9) час задається у відносних одиницях τ , пов'язаних з поточним часом t співвідношенням $\tau = t/T$, а тому ця модель задає процес забування інформації у вигляді $\bar{I}(\tau)$.

Третя відмінність цих моделей полягає в тому, що модель (9) в якості відносного параметра $\bar{\phi}$ містить в собі складову, що задає значення I_c тієї частки початкової інформації, яка ніколи з пам'яті індивідуума не стирається, а модель (1) такого параметра не містить.

Ну і четвертою відмінністю цих моделей є те, що модель (1) враховує синергетичну складову $\alpha_{12}x_2$, де x_2 — інформація, що генерується мозком індивідуума самостійно за тематикою, пов'язаною з початковою інформацією у той період часу, в який уже від викладача ця інформація не надходить і йде процес її забування, а тому ця складова уповільнює процес забування, у той час як модель (9) такої складової не містить взагалі.

Аналіз цих чотирьох відмінностей приводить до висновку, що доцільно синтезувати математичну модель процесу забування інформації студентом у вигляді

$$x_{1(\%)}(\tau) = \bar{\phi}_{(\%)} + (100 - \bar{\phi}_{(\%)})e^{-(1 - \alpha_{12}x_2)\tau}, \quad (11)$$

який є симбіозом моделей (1), (9) та не містить в собі відзначених вище недоліків кожної із цих моделей при їх самостійному використанні.

Якщо, як це пропонується в роботі [8], параметр T визначати як час, за який забувається дві третини від початкової інформації, то, як впливає з «кривої Г. Еббінгауза», показаної на рис. 1 у вигляді лінії 1,

$$T = 24 \text{ години}, \quad (12)$$

а тому для ідентифікації синтезованої нами математичної моделі (11) необхідно, скориставшись цією ж «кривою Г. Еббінгауза», чисельно визначити ще параметр $\bar{\phi}_{(\%)}$, який характеризує той процент початкової інформації, що не забувається з часом, та параметр $\alpha_{12}x_2$, який характеризує синергетичну складову, що уповільнює процес забування за рахунок внутрішньої роботи мозку у той відрізок часу, в який нова інформація до цього мозку не надходить. Очевидно, що для знаходження чисельних значень цих параметрів нам потрібно, скориставшись моделлю (11) та «кривою Г. Еббінгауза», скласти відносно них і розв'язати систему двох рівнянь з двома невідомими.

З «кривої Г. Еббінгауза» легко бачити, що для моменту часу $t_1 = 48$ годин матимемо

$$\begin{cases} \tau_1 = \frac{t_1}{T} = \frac{48}{24} = 2, \\ x_{1(\%)}(t_1) = x_{1(\%)}(\tau_1) = 25,5, \end{cases} \quad (13)$$

а для моменту часу $t_2 = 120$ годин —

$$\begin{cases} \tau_2 = \frac{t_2}{T} = \frac{120}{24} = 5, \\ x_{1(\%)}(t_2) = x_{1(\%)}(\tau_2) = 20. \end{cases} \quad (14)$$

Підставляючи значення відповідних параметрів з виразів (13), (14) в математичну модель (11), отримуємо систему двох рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{25,5 - \bar{\phi}_{(\%)}}{100 - \bar{\phi}_{(\%)}} = e^{-(1-\alpha_{12}x_2)2}, \\ \frac{20 - \bar{\phi}_{(\%)}}{100 - \bar{\phi}_{(\%)}} = e^{-(1-\alpha_{12}x_2)5}, \end{cases} \quad (15)$$

розв'язуючи які відносно $\bar{\phi}_{(\%)}$ та $\alpha_{12}x_2$ отримаємо числові значення цих параметрів, підстановкою яких в модель (11) завершується процес її ідентифікації.

Але цей простий і прозорий алгоритм ідентифікації моделі (11) не дає коректних результатів в разі використання при його реалізації координат, далеко віддалених одна від одної точок з «кривої Г. Еббінгауза». А в процесі досліджень вдалося з'ясувати, що отримувати коректні розв'язки системи рівнянь (15) при вільному виборі координат точок з «кривої Г. Еббінгауза» можна лише у тих випадках, коли і параметр T , який характеризує відрізок часу, протягом якого індивідуум забуває дві третини початкової інформації, і параметр $\alpha_{12}x_2$, який характеризує сповільнення процесу забування за рахунок синергетичної складової, що генерується мозком в проміжку часу між новими надходженнями інформації за цією темою, є не константами, а величинами, що змінюються в часі, або ж ці величини визначаються методом найменших квадратів з використанням випадкових числових значень ступеня забування, розкиданих навколо «кривої Г. Еббінгауза», що породить нову модель, графік якої буде наближеним до «кривої Г. Еббінгауза» в середньому квадратичному сенсі, але не збігатиметься з нею. І це стало ще одним підтвердженням того, що в аналізі процесів забування інформації необхідно переходити від використання «кривої забування», породженої Г. Еббінгаузом, до «смуг забування», породжених у 2013 році у нашому науковому колективі у вигляді, поданому на рис. 2 в роботі [4] і відображеному нами у цій статті на рис. 2. Але, для того, щоб врахувати зауваження психологів стосовно того, що забування не повинно набувати від'ємного знака в «смугі забування», а також врахувати уже і математичну модель осової лінії цих смуг у вигляді (11), ми при побудові удосконалених «смуг забування» будемо теж, як і в роботі [4], використовувати вирази (3), (6)—(8), але по-іншому підійдемо до визначення середньоквадратичного відхилення $\sigma_{x_1(\tau_k)}$ та вкладемо дещо інший зміст в параметр T , з використанням якого будемо формувати відносний час

$$\tau_k = \frac{t_k}{T}, \quad k = 0, 1, 2, \dots \quad (16)$$

В роботі [4] параметр T дорівнював відрізку часу, протягом якого відбувалося забування індивідуумом двох третин початкової інформації, а у цій статті цей параметр буде лише базовим для визначення відносного часу за виразом (16) і дорівнюватиме кількості годин в добі, тобто, для нього теж буде справедливим співвідношення (12), але наповнене іншим змістом.

Що ж до середньоквадратичного відхилення $\sigma_{x_1(\tau_k)}$, то його будемо визначати не з виразу $24 - 3\sigma_{x_1(t_k=72)} = 0$, як в роботі [4], а з виразу

$$18 - 3\sigma_{x_1(\tau_7)} = 0, \quad (17)$$

яким опишемо нижню границю крайньої смуги за законом «трьох сігм» через тиждень після початкової подачі інформації, тобто, перед подачею подальшої порції інформації на наступній за розкладом лекції за умови, що розкладом передбачена лише одна лекція з певної навчальної дисципліни на тиждень. Цілком очевидно, що якщо за розкладом на тиждень заплановано буде дві і більше лекцій, то рівняння (17) необхідно буде записувати відносно дня, в який відбудеться наступна за розкладом лекція, що означає, що «смуги забування» не є раз і назавжди закріпленими конструкціями, а можуть мати рухомі границі, положення яких обумовлюватиметься розкладом занять з певної навчальної дисципліни.

З рівняння (17) знайдемо, що

$$\sigma_{x_1(\tau_7)} = \sigma_{x_1(7)} = \frac{18}{3} = 6. \quad (18)$$

А далі, застосовуючи той же алгоритм, що і в роботі [4], але з використанням значення середньоквадратичного відхилення, визначеного виразом (18), знайдемо, що в точці з абсцисою $\tau_7 = 7$ ординати верхньої та нижньої граничних точок набудуть значень

$$\text{– для «смуги забування» (6)} \quad \begin{cases} x_{1(\%)}^v(7) = x_{1(\%)}^E(7) + \sigma_{x_1(7)} = 18 + 6 = 24, \\ x_{1(\%)}^n(7) = x_{1(\%)}^E(7) - \sigma_{x_1(7)} = 18 - 6 = 12; \end{cases} \quad (19)$$

$$\text{– для «смуги забування» (7)} \quad \begin{cases} x_{1(\%)}^v(7) = x_{1(\%)}^E(7) + 2\sigma_{x_1(7)} = 18 + 12 = 30, \\ x_{1(\%)}^n(7) = x_{1(\%)}^E(7) - 2\sigma_{x_1(7)} = 18 - 12 = 6; \end{cases} \quad (20)$$

$$\text{– для «смуги забування» (8)} \quad \begin{cases} x_{1(\%)}^v(7) = x_{1(\%)}^E(7) + 3\sigma_{x_1(7)} = 18 + 18 = 36, \\ x_{1(\%)}^n(7) = x_{1(\%)}^E(7) - 3\sigma_{x_1(7)} = 18 - 18 = 0. \end{cases} \quad (21)$$

Зауважимо, що у виразах (19)–(21) $x_{1(\%)}^E(7)$ — це значення ординати з «кривої Г. Еббінгауза» в точці з абсцисою $\tau_7 = 7$.

А в точці з абсцисою $\tau_2 = 2$ ординати верхньої та нижньої граничних точок набудуть значень

$$\text{– для «смуги забування» (6)} \quad \begin{cases} x_{1(\%)}^v(2) = x_{1(\%)}^E(2) + \sigma_{x_1(7)} = 25,5 + 6 = 31,5, \\ x_{1(\%)}^n(2) = x_{1(\%)}^E(2) - \sigma_{x_1(7)} = 25,5 - 6 = 19,5; \end{cases} \quad (22)$$

$$\text{– для «смуги забування» (7)} \quad \begin{cases} x_{1(\%)}^v(2) = x_{1(\%)}^E(2) + 2\sigma_{x_1(7)} = 25,5 + 12 = 37,5, \\ x_{1(\%)}^n(2) = x_{1(\%)}^E(2) - 2\sigma_{x_1(7)} = 25,5 - 12 = 13,5; \end{cases} \quad (23)$$

$$\text{– для «смуги забування» (8)} \quad \begin{cases} x_{1(\%)}^v(2) = x_{1(\%)}^E(2) + 3\sigma_{x_1(7)} = 25,5 + 18 = 43,5, \\ x_{1(\%)}^n(2) = x_{1(\%)}^E(2) - 3\sigma_{x_1(7)} = 25,5 - 18 = 7,5. \end{cases} \quad (24)$$

Між цими граничними точками з абсцисами $\tau_2 = 2$ та $\tau_7 = 7$ границі «смуг забування» проводимо паралельно осьовій «кривій Г. Еббінгауза», а між граничними точками з абсцисою $\tau_2 = 2$ та точкою з абсцисою $\tau_0 = 0$ і ординатою $x_{1(\%)} = 100$ всю множину граничних ліній стягуємо у пучок з вершиною в точці $(0; 100)$ та збереженням пропорційності у співвідношеннях граничних ординат в точці з абсцисою $\tau_1 = 1$.

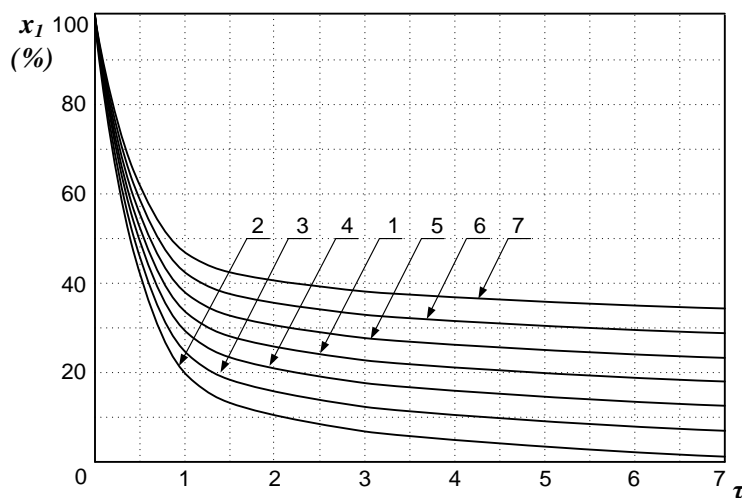


Рис. 3. Тижневі графіки кривої забування: 1 — за Г. Еббінгаузом; смуги забування, обмежені лініями 2 і 7; лініями 3 і 6 та лініями 4 і 5, визначені за удосконаленою методикою

Визначені за таким алгоритмом «смуги забування» графічно показані на рис. 3.

А далі приведемо цитату з основоположної роботи [4] стосовно кваліфікаційних ознак рівня пам'яті, яка є справедливою і у нашому випадку, і яка звучить так: «Очевидно, що чим менше індивідуум забуває, тим вищим є рівень його пам'яті. Тож граничні лінії, визначені нами в «смугах забування», можуть виступати як класифікаційні ознаки наявності у цього індивідуума того чи іншого рівня пам'яті, а саме:

– у випадку, якщо точка, що характеризує рівень забування знань індивідуумом, лежить на осьовій лінії 1 «смуги забування», тобто, на «кривій

забування» за Г. Еббінгаузом, то відносно такого індивідуума можна стверджувати, що він має «середній рівень» пам'яті;

– у випадку, якщо точка, що характеризує рівень забування знань індивідуумом, лежить вище лінії 1, але нижче лінії 5 «смуги забування», то відносно такого індивідуума можна стверджувати, що він має рівень пам'яті, «вищий середнього», причому сама лінія 5 може бути класифікаційною ознакою «доброї» пам'яті;

– у випадку, якщо точка, що характеризує рівень забування знань індивідуумом, лежить вище лінії 5, але нижче лінії 6 «смуги забування», то відносно такого індивідуума можна стверджувати, що він має рівень пам'яті, «вищий доброго», причому сама лінія 6 може бути класифікаційною ознакою «високого рівня» пам'яті;

– у випадку, якщо точка, що характеризує рівень забування знань індивідуумом, лежить вище лінії 6, але нижче лінії 7 «смуги забування», то відносно такого індивідуума можна стверджувати, що він має «дуже високий рівень» пам'яті, причому сама лінія 7 може бути класифікаційною ознакою «надзвичайно високого рівня» пам'яті;

– у випадку, якщо точка, що характеризує рівень забування знань індивідуумом, лежить нижче лінії 1, але вище лінії 4 «смуги забування», то відносно такого індивідуума можна стверджувати, що він має рівень пам'яті, «нижчий середнього», причому сама лінія 4 може бути класифікаційною ознакою «низького рівня» пам'яті;

– у випадку, якщо точка, що характеризує рівень забування знань індивідуумом, лежить нижче лінії 4, але вище лінії 3 «смуги забування», то відносно такого індивідуума можна стверджувати, що він має «дуже низький рівень» пам'яті, причому сама лінія 3 може бути класифікаційною ознакою «надзвичайно низького рівня» пам'яті;

– у випадку, якщо точка, що характеризує рівень забування знань індивідуумом, лежить нижче лінії 3, але вище лінії 2 «смуги забування», то відносно такого індивідуума можна стверджувати, що він «майже немає пам'яті», причому сама лінія 2 може бути класифікаційною ознакою «відсутності» пам'яті.

Зону нижчу лінії 2 «смуги забування», тобто зону дебільності, ми розглядати не будемо, оскільки індивідууми, що до неї належать, бути студентами не можуть в принципі.

А щодо зони над лінією 7 «смуги забування», то там знаходяться ординати тих трьох індивідуумів з кожної тисячі, які згідно з центральною граничною теоремою теорії ймовірностей не попадають в «смугу» (11) — це особи, що володіють геніальною пам'яттю, а тому можуть, отримавши на лекції від викладача певну суму знань, протягом тижня усі ці знання пам'ятати у повному чи майже повному обсязі» — кінець цитати.

Як буде показано в нашій наступній публікації на цю ж тему, запропоновані класифікаційні рівні пам'яті індивідуумів, що визначені на «смугах забування», дозволять побудувати нечітку базу знань, що характеризуватиме процес забування інформації, використання якої сприятиме створенню методики викладання кожної навчальної дисципліни з урахуванням особливості пам'яті кожного студента.

Висновки

1. Удосконалено математичну модель «кривої забування», породженої Г. Еббінгаузом, за рахунок врахування в ній і синергетичної складової, що уповільнює процес забування за рахунок внутрішньої роботи мозку в той відрізок часу, в який нова інформація до цього мозку не надходить, запропонованої Б. І. Мокіним, і складової, що задає значення тієї частки початкової інформації, яка ніколи з пам'яті індивідуума не стирається, запропонованої Л. М. Присняковою.

2. Аналізуючи процеси забування початкової інформації, отриманої студентом від викладача на лекції, розширено базу обґрунтування необхідності переходу від «кривої забування», породженої Г. Еббінгаузом, до «смуг забування» породжених Б. І. Мокіним та О. Б. Мокіним.

3 Побудовано нові границі «смуг забування», які адекватніше відображають ці «смуги» і вивільняють їх від ділянок, на яких забування інформації набуває знака «мінус», не властивого для цього процесу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] О. О. Войцеховська, Б. І. Мокін та О. В. Слободянюк, «Системний підхід до аналізу процесу функціонування закладу вищої освіти», *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, №1, с. 31-40, 2019.
- [2] П. А. М'ясоїд. *Загальна психологія*. Навч. посіб. Київ: Вища школа, 1998, 479 с.

- [3] Ю. Б. Гиппенрейтер, и В. Я. Романова, Ред., *Хрестоматия по общей психологии. Психология памяти*. Москва: изд-во Московского университета, 1979, 272 с.
- [4] Б. І. Мокін, та О. Б. Мокін, «Підвищення ступеня адекватності моделі процесу забування знань,» *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 4, с. 116-121, 2013.
- [5] Б. І. Мокін, А. В. Пискарярова, та О. Б. Мокін, «Дослідження впливу синергетичної складової у математичній моделі процесу засвоєння студентом навчальної дисципліни,» *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія*, № 2, с. 9-14, 2013.
- [6] В. Н. Тугубалин, *Теория вероятностей*. Москва: изд-во Московского университета, 1972, 230 с.
- [7] Б. І. Мокін, В. Б. Мокін та О. Б. Мокін, *Математичні методи ідентифікації динамічних систем*, навчальний посібник. Вінниця, Україна: ВНТУ, 2010, 260 с.
- [8] Л. М. Приснякова, *Системный анализ поведения личности*. Днепропетровск, Украина: издатель Овсянников Ю. С., 2007, 218 с.

Рекомендована кафедрою системного аналізу, комп'ютерного моніторингу та інженерної графіки ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 30.07.2019

Мокін Борис Іванович — академік НАПН України, д-р техн. наук, професор, професор кафедри електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті, професор кафедри системного аналізу, комп'ютерного моніторингу та інженерної графіки, e-mail borys.mokin@gmail.com ;

Войцеховська Ольга Олександрівна — аспірант кафедри системного аналізу, комп'ютерного моніторингу та інженерної графіки, e-mail: olgav1085@gmail.com .

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

B. I. Mokin¹

O. O. Voitsekhovska¹

Improvement of the Probabilistic Mathematical Model of the Process of Forgetting Information Received by the Student at Lecture

¹Vinnitsia National Technical University

The mathematical model of the "forgetting curve" generated by H. Ebbinghaus has been improved. The advanced model also takes into account the synergistic component that slows down the process of forgetting due to the internal workings of the brain at the interval in which new information does not come to this brain, suggested by B. I. Mokin, and the component that sets the value of that part of initial information, which is never erased from the memory of an individual, suggested by L. M. Prisyakova.

An algorithm for identification of the improved mathematical model of the Ebbinghaus curve has been developed and the reasons for the appearance of incorrect solutions in its application have been analyzed and the ways of overcoming this incorrectness have been indicated.

The basis for substantiating the need to move from the forgetting curve generated by H. Ebbinghaus when analyzing the processes of forgetting the initial information received by the student from the lecturer to the forgetting bands generated by B. I. Mokin and O. B. Mokin has been expanded. Previously, this database was based only on the peculiarities of experimental data processing and the central Laplace limit theorem concerning probabilistic data subordinated to the normal law of distribution, but its extension was due to the need to overcome the incorrectness of solving a system of equations which are the base for an identification algorithm for the mathematic model of the forgetting curve.

New boundaries of the forgetting bands have been constructed which, like the algorithm of their construction, proposed by B. I. Mokin and O. B. Mokin, use the three-sigma rule known from the probability theory, but more adequately reflect these "bands" and release them from areas where the forgetting of information acquires the minus sign, which is not peculiar to this process.

Keywords: information forgetting process, H. Ebbinghaus forgetting curve, B. Mokin and O. Mokin forgetting bands, modeling, improvement of "curve" and "band" models.

Mokin Borys I. — Academician of NAPS of Ukraine, Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Chair of Electromechanical Systems of Automation in Industry and Transport, Professor of the Chair of System Analysis, Computer Monitoring and Engineering Graphics, e-mail: borys.mokin@gmail.com ;

Voitsekhovska Olha O. — Post-Graduate Student of the Chair of System Analysis, Computer Monitoring and Engineering Graphics, e-mail: olgav1085@gmail.com

Б. И. Мокин¹
О. А. Войцеховская¹

Усовершенствование вероятностной математической модели процесса забывания информации, полученной студентом на лекции

¹Вінницький національний технічний університет

Усовершенствована математическая модель «кривой забывания», порожденной Г. Эббингаузом. В усовершенствованной модели учтены и синергетическая составляющая, которая замедляет процесс забывания за счет внутренней работы мозга в том отрезке времени, в котором новая информация к этому мозгу не поступает, предложенная Б. И. Мокиным, и составляющая, предложенная Л. Присняковой, которая задает значение той доли исходной информации, которая никогда из памяти индивидуума не стирается.

Разработан алгоритм идентификации усовершенствованной математической модели «кривой Г. Эббингауза», проанализированы причины появления некорректных решений при его применении и указаны пути преодоления этой некорректности.

Расширена база обоснования необходимости перехода от «кривой забывания», порожденной Г. Эббингаузом, при анализе процессов забывания исходной информации, полученной студентом от преподавателя на лекции, к «полосам забывания», предложенным Б. И. Мокиным и А. Б. Мокиным. Если раньше эта база основывалась лишь на особенностях обработки экспериментальных данных и центральной предельной теоремы Лапласа относительно вероятностных данных, подчиненных нормальному закону распределения, то ее расширение произошло еще и благодаря необходимости преодоления некорректности решения системы уравнений, на которых базируется алгоритм идентификации усовершенствованной математической модели «кривой забывания».

Построены новые границы «полос забывания», которые, как и в алгоритме их построения, предложенном Б. И. Мокиным и А. Б. Мокиным, используют известное из теории вероятностей правило «трех сигм», но более адекватно отражают эти «полосы» и освобождают их от участков, на которых забывание информации приобретает знак «минус», не свойственный для этого процесса.

Ключевые слова: процесс забывания информации, кривая забывания Г. Эббингауза, полосы забывания Б. Мокина и А. Мокина, моделирование, усовершенствование моделей «кривой» и «полос».

Мокин Борис Иванович — академик НАПН Украины, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры электромеханических систем автоматизации в промышленности и на транспорте, профессор кафедры системного анализа, компьютерного мониторинга и инженерной графики, e-mail: borys.mokin@gmail.com ;

Войцеховская Ольга Александровна — аспирант кафедры системного анализа, компьютерного мониторинга и инженерной графики, e-mail: olgav1085@gmail.com