

УДК 343.97

DOI <https://doi.org/10.51547/ppp.dp.ua/2022.5.10>

Пріснякова Людмила Макарівна,

кандидат психологічних наук, доцент,
завідувач кафедри психології
Дніпровського гуманітарного університету
ORCID ID: 0000-0003-2127-1830

Агапова Ірина Миколаївна,

старший викладач кафедри психології
Дніпровського гуманітарного університету
ORCID ID: 0000-0002-3558-7564

МОЖЛИВОСТІ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПСИХОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

POSSIBILITIES OF MATHEMATICAL MODELING OF PSYCHOLOGICAL PROCESSES

У статті розглянуто рівень використання математичних методів у галузі психології як один з показників її зрілості. Обґрунтовано, що в даний час математика в психології використовується в основному як метод статистичної обробки результатів психологічного експерименту і як спосіб вираження початково постульованого зв'язку між змінними, що визначаються досвідом.

Враховано, що психологічні процеси нерозривно пов'язані з течією людського життя і тому за своєю природою вони нестаціонарні, тобто протікають у часі. Тому всі відомі підходи до їх моделювання свідомо обмежені, тому що не враховують зміни як зовнішніх, так і внутрішніх величин у часі. Розглянуто інформаційну модель переробки пам'яті. Прийнято, що одиниця виміру – це деяке суб'єктивно-цілісне утворення – склад, слово, помилка, питання, відповідь, інформаційно-смілова одиниця тексту (ICOT) тощо. Такий підхід, а також уявлення кінцевих аналітичних взаємозв'язків у безрозмірному відносному вигляді, дали можливість аналізувати різні психологічні процеси кількісно, не замикаючись на сутності одиниць вимірювання. Введення параметрів постійної часу та величини деякого граничного значення інформації в пам'яті виявилось виключно вдалим, тому що дозволило знайти їх експериментально для певних досить загальних груп дослідів, умов, параметрів і, зрештою, використовувати їх апріорно для прогнозування подібних психологічних процесів.

Подані підходи суттєво розширюють можливості математичного моделювання педагогічних процесів, пов'язаних із навчанням учнів. Якщо використовувати поняття про інформаційно-сміслові одиниці тексту (ICOT), то в загальному потоці інформації неважко виділити її змістовну (якісну) сторону, причому з урахуванням інформації, нової для учня, вже відомої йому інформації та нейтральної («граматичної») інформації. Це відкриває абсолютно невідомі раніше можливості методами математики оптимізувати програми курсів, більш рівномірно з погляду обсягу нової інформації, що подається, розподіляти матеріал у підручниках і на заняттях.

Успішність представленої математичної інтерпретації підтверджується її узгодженням із дослідними даними щодо відтворення тимчасової тривалості, вивчення якого систематично проводиться протягом останніх 70 років.

Узагальнення поданих підходів на випадок діяльності людини як оператора людино-машинних систем дозволяє скласти математичну модель його діяльності, отримати її передатну функцію та дослідити її поведінку в системі «людина-машина» добре відомими з техніки методами теорії автоматичного регулювання.

Представлені результати демонструють успішні можливості математичного моделювання різних психологічних процесів – від навчання до емоційних станів людини – і можуть бути основою моделювання інших цікавих явищ, можуть бути основою прогнозу поведінки людини в різних ситуаціях, коли не можна використовувати інші методи дослідження, як, наприклад, тестування.

Ключові слова: математичні методи у галузі психології, статистична обробка результатів психологічного експерименту, психологічні процеси, математичне моделювання педагогічних процесів.

The article considers the level of use of mathematical methods in the field of psychology as one of the indicators of its maturity. It is justified that currently mathematics in psychology is used mainly as a method of statistical processing of the results of a psychological experiment and as a way of expressing the originally postulated relationship between variables determined by experience.

It is taken into account that psychological processes are inextricably linked with the flow of human life and therefore by their nature they are non-stationary, that is, they flow in time. Therefore, all known approaches to their modeling are deliberately limited because they do not take into account changes in both external and internal values over time. The information model of memory processing is considered. It is accepted that the unit of measurement is some subjective and holistic entity – a syllable, word, error, question, answer, informational-semantic unit of the text (ISOT), etc. This approach, as well as the presentation of finite analytical relationships in a dimensionless relative form, made it possible to analyze various psychological processes quantitatively, without focusing on the essence of units of measurement. The introduction of parameters of constant time and the value of some limiting value of information in memory turned out to be exceptionally successful, because it allowed to find them experimentally for certain fairly general groups of experiments, conditions, parameters and, ultimately, to use them a priori for predicting similar psychological processes.

The presented approaches significantly expand the possibilities of mathematical modeling of pedagogical processes related to student learning. If we use the concept of informational and semantic units of the text (ISOT), then it is not difficult to distinguish its content (qualitative) side in the general flow of information, taking into account information new to the student, information already known to him and neutral (“grammatical”) information. This opens completely previously unknown opportunities to optimize course programs using mathematical methods, to distribute the material in textbooks and classes more evenly in terms of the amount of new information provided.

The success of the presented mathematical interpretation is confirmed by its agreement with experimental data on the reproduction of temporal duration, the study of which has been systematically conducted over the past 70 years.

The generalization of the presented approaches to the case of human activity as an operator of man-machine systems allows to draw up a mathematical model of his activity, to obtain its transfer function and to investigate its behavior in the “man-machine” system by well-known methods of automatic regulation theory.

The presented results demonstrate the successful possibilities of mathematical modeling of various psychological processes – from learning to emotional states of a person – and can be the basis for modeling other interesting phenomena, can be the basis for forecasting human behavior in various situations when other research methods cannot be used, such as testing.

Key words: *mathematical methods in the field of psychology, statistical processing of psychological experiment results, psychological processes, mathematical modeling of pedagogical processes.*

Актуальність дослідження. Сучасний етап розвитку науки характеризується інтенсивним проникненням математики майже у всі її розділи, у всі її напрями, не виключаючи і психологію та педагогіку, хоча темпи математизації процесів пізнання людини як такої значно відстають від використання математики, наприклад, у техніці.

Якщо виходити з положення, що рівень використання математичних методів у тій чи іншій галузі науки є одним із показників її зрілості, то з цієї точки зору психологія перебуває на відносно низькому щаблі свого розвитку. В даний час математика в психології використовується в основному як метод статистичної обробки результатів психологічного експерименту і як спосіб вираження початково постульованого зв'язку між змінними, що визначаються досвідом.

Суто умовно у сучасній психології можна назвати **три напрями**. «Описова» психологія, що заснована на отриманні та поясненні експериментального матеріалу; *математична* та «детерміністська» психології. Математична психологія зараз швидше математика, ніж психологія, бо у ній вирішуються у найзагальнішій постановці завдання із загальної психології методами сучасної математики, причому, зазвичай, відсутнє кількісне порівняння розрахунків із дослідними даними. Останнім часом дедалі більше уваги приділяється напрямку, названому нами «детерміністським»,

яке ставить собі за мету будувати математичні моделі елементарних психологічних процесів та проводити експериментальні дослідження для перевірки цих моделей. Лавиноподібне зростання переважно емпіричного матеріалу, узагальнюваного переважно уможливленими теоріями, обмежує подальший ефективний розвиток наукових досліджень у цій галузі. Тому в цій статті ми будемо в основному зупинятися на останньому, третьому напрямі, який відкриває з нашої точки зору певні перспективи в більш успішному дослідженні різних психологічних процесів.

Людство входить у новий 21 століття. За оцінками експертів ЮНЕСКО, це століття буде **століттям психології**. Справді, людство зараз знає Місяць краще, ніж мозок людини.

Більшість аспектів людської діяльності пов'язана тією чи іншою мірою з *переробкою пам'яттю людини інформації*: мозок людини запам'ятовує інформацію, аналізує її і видає те чи інше рішення. Незважаючи на складність проблеми, спроби математичного опису психологічних процесів, розпочаті у минулому столітті Г. Фехнером та Г. Ебінгаузом, дають свої плоди. Як показав аналіз, трактування процесів у пам'яті як процесів переробки інформації, суттєво спрощує формалізацію та моделювання психологічних процесів. Але тут одразу необхідно врахувати один важливий момент. Психологічні процеси

нерозривно пов'язані з течією людського життя і тому за своєю природою вони **нестационарні**, тобто протікають у часі. Тому всі відомі підходи до їх моделювання свідомо обмежені, тому що не враховують зміни як зовнішніх, так і внутрішніх величин у часі. З цього погляду заслуговують на увагу підходи О. М. Лебедева і Б. І. Цуканова.

Мета дослідження: розглянути можливості математичного моделювання психологічних процесів.

Виклад основного матеріалу. Інформаційна модель переробки пам'яттю. У нашій моделі пам'ять людини представляється у вигляді чорної скриньки, де в даний час τ знаходиться J одиниць інформації. У пам'ять надходить ззовні інформація з деяким темпом \dot{R} [од/сек]. Ця інформація не вся залишається в пам'яті, тому що за рахунок процесів згасання частина її йде з пам'яті в темпі \dot{R} [од/сек].

Тут виникає важливе питання про *одиниці виміру* інформації в психологічних процесах. Ми приймали, що одиниця виміру – це деяке *суб'єктивно-цілісне утворення* – склад, слово, помилка, питання, відповідь, інформаційно-смилова одиниця тексту (ICOT) тощо [1, с. 123]. Такий підхід, а також уявлення кінцевих аналітичних взаємозв'язків у безрозмірному відносному вигляді, дали можливість аналізувати різні психологічні процеси кількісно, не замикаючись на сутності одиниць вимірювання. Балансове рівняння потоку інформації в пам'ять $J(\tau)$ записується з очевидної умови, що її зміна в часі $dJ/d\tau$ визначається різницею між «приходом» інформації на згадку про \dot{R} та її «відходом» \dot{R}_s . В основу оригінального «рівняння збереження потоку інформації» покладена гіпотеза, що втрата інформації пам'яттю пропорційна різниці між інформацією в пам'яті в даний момент τ $J(\tau)$ і деяким її кінцевим значенням у пам'яті після досить великого проміжку часу ϕ і обернено пропорційна деякому постійному часу T :

$$\dot{R}_s = (J - \phi) / T.$$

Декілька зауважень про величини T та ϕ . *Постійна часу T* визначає час, протягом якого процес досягає 2/3 свого кінцевого значення. Наприклад, якщо вивчається забування інформації, то T – це час, за який забувається 2/3 початкової кількості інформації; якщо вивчається запам'ятовування інформації, то T – це час, протягом якого вивчається 2/3 загальної кількості інформації. Порівняння нашої інформаційної моделі з моделлю нейрофізіологічних перцептивних процесів А. Н. Лебедева [2, с. 32] дозволило

знайти зв'язок між T та частотою альфа-ритму мозку α , яка визначається експериментально для кожної людини:

$$T = T_0 - \theta \alpha \quad (T_0 = 0.464 \text{ c}; \theta = 0.03 \text{ c}^2)$$

Величина деякого *граничного значення інформації в пам'яті ϕ* , яка зберігається досить довго в пам'яті, відіграє дуже суттєву роль, тому що визначає той поріг або стандарт інформації в пам'яті, який по кожному її виду зберігає у пам'яті і який є певним еталоном порівняння з інформацією, що надходить.

Введення цих двох параметрів виявилось виключно вдалим, тому що дозволило знайти їх експериментально для певних досить загальних груп дослідів, умов, параметрів і, зрештою, використовувати їх апріорно для прогнозування подібних психологічних процесів.

Таким чином, з урахуванням всього сказаного остаточно вихідне балансове рівняння, що описує психологічні процеси в пам'яті людини, матиме вигляд

$$dJ/d\tau = \dot{R} - (J - \phi) / T. \quad (1)$$

Вирішення рівняння переробки інформації пам'яттю. Як побачимо надалі, це досить просте і ясне диференціальне рівняння має рішення, яке вдало описує різні психологічні процеси (які зводяться до процесу переробки пам'яттю). Для випадку початкових умов: при $\tau = 0$ пам'ять містить J_0 одиниць інформації, що надходить у пам'ять, – рішення рівняння (1) матиме вигляд

$$J = \phi + \dot{R}T + (J_0 - \phi - \dot{R}T) e^{-\tau/T}. \quad (2)$$

Якщо вивчається *процес забування* збереженої у пам'яті кількості J_0 одиниць, то крива забування впливає з (2) як окремий випадок відсутності надходження інформації $\dot{R} = 0$:

$$\bar{J} = J/J_0 = \bar{\phi} + (1 - \bar{\phi}) e^{-\tau/T} \quad (3)$$

Тут введені відносні величини \bar{J} і $\bar{\phi}$, які складають частку від початкової інформації, отриманої пам'яттю J_0 .

Як видно з рішень (2) і (3), поточна кількість інформації в пам'яті J (або в нормованому вигляді \bar{J}) є функцією незалежної змінної часу (або її відносного значення $\bar{\tau} = \tau/T$) та параметрів ϕ і T . Розрахунки за цими формулами підтверджуються практично всіма відомими з літератури експериментальними даними (у разі, якщо вони містять необхідні для розрахунків вихідні величини). Зазначимо, що формули (2) і (3) мають і певну «математичну красу».

Якщо порівняти формулу для забування (3) з відомою емпіричною формулою Г. Ебінгауза, то

можна побачити, що його формула має три емпіричні величини та логарифмічну функцію, у той час як (3) включає 2 досить універсальні безрозмірні критерії.

Навчання. Поширення рівняння (1) на процес заучування інформації шляхом безперервного багаторазового її повторення n раз дозволив отримати формулу для кривої навчання, що зв'язує рівень досягнутого засвоєння інформації до n -го повторення $\bar{J}_n = J_n / J_r$ (по відношенню до всього матеріалу, що завчається обсягом J_2 одиниць) та час одного повторення $\tau_1 = J_2 / \dot{K}$ (або її відносного значення $\bar{\tau} = \tau / T$):

$$\bar{J}_n \cong 1 - \exp(-n / \bar{\tau}_1) \quad (4)$$

Участь експоненційних функцій в описі психологічних процесів є широко поширеним і може бути непрямим підтвердженням правильності запропонованих рішень (що добре відомо математикам). Більше того, розрахунки за цією формулою збігаються з відповідними численними дослідними даними. Крім того, теоретичний аналіз формули (4) дозволяє отримати з неї, як окремий випадок, відомі формули Халла для процесу навчання; Фуко – для загального часу навчання τ_2 ; залежності Кьєрстеда-Робінсона щодо впливу відносного обсягу завченого матеріалу; Терстона – про питомий час заучування.

Подані підходи суттєво розширюють можливості математичного моделювання педагогічних процесів, пов'язаних із навчанням учнів. Так, формули (3) та (4) дозволяють розглядати, наприклад, завдання оптимального навчання з перервами, коли отримана інформація частково забувається. Якщо використовувати поняття про *інформаційно-сміслові одиниці тексту* (ICOT), то в загальному потоці інформації неважко виділити її змістовну (якісну) сторону, причому з урахуванням інформації, нової для учня, вже відомої йому інформації та нейтральної («граматичної») інформації. Це відкриває абсолютно невідомі раніше можливості методами математики оптимізувати програми курсів, більш рівномірно з погляду обсягу нової інформації, що подається, розподіляти матеріал у підручниках і на заняттях.

Успішність представленої математичної інтерпретації підтверджується її узгодженням із дослідними даними щодо *відтворення тимчасової тривалості*, вивчення якого систематично проводиться протягом останніх 70 років.

Дещо несподіваним виявився результат успішного використання формули (4) для опису процесу навчання тварин. Були отримані чисельні значення параметра $\bar{\tau}_1$, що описують криву навчання

мурахи, кішки, щура, собаки, піщанки, кролика, мавпи для різних типів навчання. Був виявлений також цікавий *феномен адаптації* деяких тварин до процесу навчання, протягом якого вони не реагують на матеріал, що пред'являється (феномен запізнення до початку навчання).

Формула навчання (4) добре описує процес утворення *сенсомоторної навички* у разі різного *емоційного впливу* на випробуваного. Виявилось, що час процесу навчання може виступати *мірою* емоційних стресів.

Подібність психологічних процесів. У техніці широко використовується теорія подібності для опису одних явищ за допомогою інших, подібних до них. Отримані результати математичного моделювання психологічних процесів дозволяють закласти *основи елементарної теорії подібності* цих процесів. Обробка великого експериментального матеріалу з заучування та забування різного матеріалу, і використання запропонованої моделі дозволили отримати та проаналізувати вплив різних критеріїв на хід досліджуваних процесів. Для процесу навчання таким критерієм є відносний час одного повторення матеріалу $\bar{\tau}_1 = \tau_1 / T = J_2 / \dot{K}T$. Цей критерій поруч із постійною часу T , числом повторень n однозначно визначає перебіг кривої навчання. Для процесу забування таким критерієм є відносний час процесу $\bar{\tau} = \tau / T$. Надзвичайно важливим пороговим критерієм є $p = \phi / \dot{K}T$, названий *критерієм подібності чутливості пам'яті* [3].

Використання таких найпростіших критеріїв дало можливість *класифікувати* всі відомі експериментально отримані криві навчання і забування на 4 групи, кожна з яких описує переробку пам'яттю з урахуванням індивідуальних властивостей людини, типу матеріалу, темпу подачі інформації тощо. Для кривих навчання кожна крива характеризується своїм значенням параметра $\bar{\tau}_1$ у формулі (4): 0,6; 2,1; 4,5; 10. Кожна з кривих забування визначається своїм значенням параметра $\bar{\phi}$ у формулі (3): 0,7; 0,53; 0,3; 0,075. Знаючи тип матеріалу, індивідуальні якості людини, можна априорі вибрати розрахункову формулу для опису прогнозу ходу психологічного процесу. Зазначимо ще одну важливість створеної математичної моделі, яка, крім можливості передбачення поведінки людини, дає *теоретичну основу* проведення та обробки даних експериментальних досліджень.

Латентний період реакції. Рівняння (1) дозволяє теоретично вирішити ряд завдань, які представляють інтерес для психології. Якщо припустити, що реакція людини на найпростіший стимул визначається моментом досягнення рівня

інформації, рівного Φ (рівного деякому стандарту, еталону, що зберігається досить довго в пам'яті), то отримуємо формулу для розрахунку часу латентного періоду реакції τ_* :

$$\tau_* = T \ln(1+p). \quad (5)$$

Як бачимо, у цю формулу, крім постійної процесу T входить критерій чутливості пам'яті p . Ця формула абсолютно точно узгоджується з відомими дослідними даними. З неї виходить, як окремий випадок, відома формула Хіка для τ_* . Якщо врахувати, що *критична частота миготіння* (при якій переривчастий стимул стає невідмінним від безперервного) $f_* = 1/\tau_*$, то з урахуванням залежності T і Φ від яскравості миготливого світла за (5) виходить формула, яка значно краще узгоджується з дослідними даними, ніж наявні експериментальні залежності.

Адаптаційні процеси. Якщо зміну чутливості будь-якого аналізатора під час його адаптації трактувати як згасання попереднього відображеного у пам'яті інформаційного сліду, то для опису процесу адаптації можна використовувати формулу утримання інформації в пам'яті (3). Ця формула істотно розширює можливості формалізації та прогнозування перебігу процесів у всіх аналізаторах людини – у зоровому, слуховому, тактильному, смаковому, нюховому та ін. Використання формули (3) для всіх цих випадків дозволило знайти чисельні значення T і Φ , які дають можливість без проведення дослідів розраховувати хід адаптаційних кривих. Слід зазначити важливий результат досліджень, який полягає в тому, що параметр Φ у разі темної адаптації кольороаномалів виявився пов'язаним із *довжиною хвилі світла*.

Формула об'єму пам'яті. Рішення рівняння (1) для випадку запам'ятовування інформації при одному пред'явленні з негайним відтворенням дозволило отримати формулу для обсягу короткочасної пам'яті (*закон Дж. А. Міллера*):

$$\Phi^* \cong a/(1-\Phi), \text{ де } a = 1.5 \div 3,$$

яка аналітично показала, що діапазон цього обсягу дещо більший: не $5 \div 9$, а $5 \div 10$.

Зв'язок між подразненням та відчуттям. Якщо відчуття трактувати як інформацію, засвоєну пам'яттю людини J , а подразнення як інформацію R , то модифіковане рівняння (1) представлятиме в диференціальному вигляді загальний психофізичний закон, з якого як окремі випадки впливають відомі залежності Г. Фехнера, С. Стівенса [4; 5]. Його головною особливістю є наявність динамічного члена $dJ/d\tau$ та члена, що враховує одночасне згасання інформації під час її

надходження. Зв'язок між відносним відчуттям $\bar{J} = J/\Phi$ і подразником $\bar{R} = R/\Phi$ виходить із рішення (1) у такому вигляді

$$\bar{J} = (1+p) [1 - \exp(-p\bar{R})]/p. \quad (6)$$

Розрахунки за цією формулою узгоджуються з відомими дослідними даними при різних подразниках у вигляді тиску, тепла, вібрації, холоду, ваги, яскравості, звуку, шуму, довжини, шорсткості, твердості та ін.

Теорія болю. Больові відчуття принципово відрізняються від інших відомих відчуттів, за яких надходження інформації йде паралельно з процесом забування деякої її частини. Якщо виходити з припущення, що відчуття в період больового подразнення складається з темпу його подачі \dot{R} та члена, що з часом посилює біль і рівного J/T , то вихідне рівняння буде аналогічне до рівняння (1), в якому прийнято $\Phi = 0$ і в якому останній член стоїть зі знаком (+). В такому випадку розв'язання цього рівняння пов'язуватиме відчуття болю $\bar{J} = J/\Phi$ і больове подразнення $\bar{J} = R/\Phi$:

$$\bar{J} = (\exp(-p\bar{R}) - 1)/p \quad (7)$$

Розрахунок за (7) узгоджується з відомими дослідними даними. Аналіз залежностей (6) і (7) дозволив пояснити відомий з літератури феномен «*подовження*» та «*ущільнення*» часу як стимулу: з (6) випливає, що при певних значеннях критерію p зростання подразнення не призводить до збільшення відчуття, а з (7) випливає зворотний висновок, що з незначним зростанням больових подразників больочі відчуття різко зростають по експоненті.

Чутливість оператора. Якщо темп надходження інформації \dot{R} , то за прихований час прийому та переробки інформації τ_* в пам'ять людини надходить її кількість $\dot{R}\tau_*$, що визначає диференціальний поріг відчуття

$$\Delta R_o = \dot{R} T \ln(1+p) \quad (8)$$

Як добре видно, основними параметрами, що визначають ΔR_o , є: темп надходження подразника \dot{R} , нижній поріг засвоєної інформації Φ та постійна часу T . Враховуючи, що широко відома з практики константа Вебера $k = \Delta R/R$, за допомогою (8) неважко знайти аналітичний вираз для неї як верхнього k_L , так і нижнього порога k чутливості:

$$k_L = [1 + (1+p)/\ln(1+p)]^{-1} \quad (9)$$

$$k = [1 + p/\ln(1+p)]^{-1}$$

Розрахунки за цими залежностями підтверджуються численними експериментами. Для відомих

сенсорних систем людини було визначено значення параметрів p , T і \dot{R} , що дозволяє використовувати аналітичні залежності для прогнозування ходу відповідних характеристик людини.

Моделювання процесу ймовірнісного прогнозування як основа вибору «одиниці відчуття». Якщо людина приймає рішення в умовах появи декількох сигналів, то формули (2) і (5) дозволяють отримати зв'язок між часом реакції вибору $\bar{\tau}_p = \tau_p / \tau_*$ та ймовірністю їх появи W :

$$\bar{\tau}_p = 1 + \ln [1 + p(1/W - 1)] / n(1 + p) \quad (10)$$

Порівняння розрахунків за цією формулою з дослідними даними О. М. Лебедєва – Б. Г. Бовіна [2] дозволили зв'язати порогову величину Φ з частотою α -ритму мозку f , яка може бути визначена для кожної людини за допомогою електроенцефалограми потиличної ділянки людини:

$$\Phi = 5 \dot{R} (T_0 - \alpha \theta), (T_0 = 0,32 \text{ сек}; \theta = 0,0175 \text{ сек}^2) \quad (11)$$

У формулах (6) та (7) Φ є нормуючим параметром для відчуттів та подразнень, тобто ця величина ідентична елементарній одиниці їхнього виміру. Визначення можливості її розрахунку за (11) вирішує певною мірою питання шкалювання відчуттів і подразнень. Цікава особливість в тому, що такий підхід полягає у виборі індивідуальної одиниці виміру (хоча у відносному вигляді всі отримані нами залежності придатні для всіх випадків).

Моделювання почуттів людини. Розвиток почуттів людини можна формалізувати та описати за допомогою деяких представлених співвідношень. Так процес розвитку почуття любові можна уявити як утворення різниці між інформацією про ідеал людини протилежної статі Q^1 , сформованої в пам'яті людини вихованням, літературою, на генному рівні і тією, що надходить на згадку позитивною U і негативною E інформацією про конкретну людину (з урахуванням домислюваної інформації про людину Z). Якщо ввести в розгляд коефіцієнт кохання L як обернену величину зазначеної інформаційної різниці

$$L = 1 / Q^1 - U - Z + E,$$

а потім використати формули (2) і (3) для визначення накопичення інформації в пам'яті і для її втрати, то можна отримати кількісну формулу для L . Ця формула після нормування параметрів, що входять до неї, залежить від безрозмірних величин, що визначають ступінь позитивності (ідеальності) і негативності (негативності) людини (яке можна визначити методом тестування), а також від поточного часу. Досить громіздкі вирази,

проте, дозволяють знайти деякі цікаві розрахункові точки L і порівняти їх з експериментальними (статистичними) даними. Якщо припустити, що мінімум коефіцієнта кохання відповідає максимуму розлучень сімей, можна кількісно визначити найбільш небезпечні з погляду стійкості сім'ї тимчасові точки. Відповідні розрахунки та аналіз статистичних даних з розлучень показали їх близькі значення: перша, небезпечна точка з погляду розлучення, відповідає 1 року після весілля, друга – через 3,5 роки. Максимальна кількість розлучень і за розрахунками, і за статистикою припадає через період 8,7 року. Надалі «небезпечні» точки з'являються з тим же періодом 3,5 року (нещодавно професор Елен Фішер з американського університету Rutgers виявила явище зміни хімічного складу крові, що впливає на сексуальність, у жінок з періодом 3, а чоловіків 4 роки, що підтверджує та пояснює одержану нами цифру). Таким чином досить абстрактна формалізована модель такого складного почуття як кохання дає можливість отримувати практично цікаві результати.

Аналогічний підхід можна використовувати для отримання формули страху. Якщо коефіцієнт страху F трактувати як величину, зворотну різниці інформації між деяким «стандартом» закладеної на згадку небезпеки Q і реальною що надійшла U і уявної Z , можна методами математики аналізувати поведінку людини за умов загрози його існування.

В авіації широко використовуються криві навчання льотчиків щодо виконання вправ в умовах різних емоційних впливів, що визначаються наявністю небезпечних ситуацій у повітрі. У цьому випадку критерій τ_1 (або постійна часу T) може бути кількісною мірою страху.

Моделювання діяльності людини-оператора. Узагальнення поданих підходів на випадок діяльності людини як оператора людино-машинних систем дозволяє скласти математичну модель його діяльності, отримати її передатну функцію та дослідити її поведінку в системі «людина-машина» добре відомими з техніки методами теорії автоматичного регулювання. Наші розрахунки, наприклад, частотних характеристик одного з космонавтів (як оператора космічного корабля) добре узгоджуються з експериментальними даними. У зв'язку з цим несподівані можливості відкрилися для моделювання та прогнозу поведінки льотчиків та космонавтів в умовах дії на них гравітаційних полів, відмінних від земного. Обробка дослідних даних показала суттєвий вплив перевантажень і невагомості на ключові параметри представленої теорії – Φ , T та τ_* .

Висновки. Представлені результати демонструють успішні можливості математичного моделювання різних психологічних процесів – від навчання до емоційних станів людини – і можуть бути основою моделювання інших цікавих явищ, можуть бути основою прогнозу поведінки людини в різних ситуаціях, коли не можна використовувати інші методи дослідження, як, наприклад, тестування.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Приснякова Л.М. Нестационарная психология : монография. Киев : Дніпро, 2001. 255 с.
2. Цуканов Б.И. Время в психике человека : монография. Одесса : Астропринт, 2000. 220 с.
3. Ebbinghaus, Hermann: Über das Gedächtnis. Leipzig, 1885. In: Deutsches Textarchiv. URL: https://www.deutschestextarchiv.de/book/show/ebbinghaus_gedaechtnis_1885.
4. Fechner G.T. Elemente der Psychophysik, Leipzig, 1889. URL: https://books.google.com.ua/books?id=qgN80esa3NYC&pg=PR3&hl=ru&source=gbs_selected_pages&cad=2#v=onepage&q&f=false
5. Stevens S.S. On the Theory of Scales of Measurement. *Science. New Series*. Vol. 103, № 2684 (Jun. 7, 1946). P. 677–680. URL: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.103.2684.677>.