

ТЕХНОЛОГІЯ НАУКОВОЇ І ТЕХНІЧНОЇ ТВОРЧОСТІ: НОВА НАУКА ТА ВИСОКОІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ІНФОРМАЦІЙНА МЕТАТЕХНОЛОГІЯ

Постійне зростання інтересу до творчості зумовлено її особливим місцем в еволюції людини і суспільства. Саме творчість виокремила людину із світу тварин. Людина, спираючись на свій творчий потенціал, не тільки вирішує найскладніші проблеми, пов'язані з адаптацією до середовища, а й перетворює його на ноосферу (В.І. Вернадський).

Феномен творчості цікавив різних мислителів з давніх давен, завдяки чому до того, як наука стала специфічною цариною діяльності. Сьогодні багато аспектів феномена творчості сфокусовані в наукових інтересах представників природничих, точних, технічних і гуманітарних дисциплін. Дослідження цього феномена мають відігравати провідну роль у вивченні потенційних можливостей людини в усіх тих сферах її діяльності, які визначають не тільки її сучасне, а й майбутнє.

*Пізнання механізму процесу творчості зможе дати відповідь на питання про можливість управління цим процесом і про створення **спеціальних засобів такого управління** з метою активації творчого потенціалу суб'єкта творчості та розробки спеціального інструментарію для підвищення результату продуктивності процесів творчості в усіх галузях народного господарства.*

Засоби управління процесами творчості — це евристичні за своєю природою прийоми, методи, алгоритми та програми постановки і вирішення **проблемних** задач¹. Цей інструментарій, що за своїм призначенням є інструментарієм творчості, створюється на допомогу вченим та винахідникам для **інтенсифікації** вирішення проблемних задач як ефективний засіб *управління процесом творчості*, а не задля зведення процесу творчості до сукупності процедур, що підлягають формалізації і можуть бути реалізовані за допомогою комп'ютерної програми.

¹ Робочі визначення основних понять технології наукової та технічної творчості будуть наведені нижче.

Таке зведення є **неможливим** передусім тому, що механізми мислення й творчості ще не вивчені навіть у першому наближенні, якщо, безумовно, не брати до уваги деякі абстрактні гіпотези психологів. Ці гіпотези, котрі психологи іменували теоріями, або стосуються лише окремих сторін процесу творчості, або мають надто абстрактний характер. Наприклад, єдина модель, яка на думку її авторів (гештальт-психологів) є системною моделлю процесу мислення й творчості, описує останній як побудову, добудову та перебудову певної структури типу семантичної сітки (М. Вертгеймер). Автор не дає жодної відповіді на питання: якою є структура такої сітки, яким чином вона змінюється в процесі вирішен-

ня проблемної задачі, як при цьому кодується, перекодовується та декодується інформація? Інакше кажучи, гештальт-теорія **не дає такої цілісної моделі процесу вирішення проблемної задачі**, яка б містила відповідь не тільки на запитання, **що таке** процес творчості, а й на запитання, **якими** є характеристики його перебігу та **як** суб'єкт творчості мислить саме під час вирішення такої задачі.

Інші моделі (теорії) психологів ще менш інформативні з погляду розкриття механізму процесу мислення й творчості: мислення у процесі творчості. Отже, спиратися на ці моделі задля структурування процесу вирішення проблемної задачі практично неможливо.

У середині ХХ ст. у зв'язку з експоненціальним зростанням людства, а також — соціальних запитів та стандартів виникла гостра потреба в «ущільненні» життєвого циклу вирішення проблемної задачі, передусім технічної, — від усвідомлення необхідності пошуку нового технічного рішення (ТР) і постановки конкретної задачі такого пошуку до отримання шуканого ТР, його апробації та промислової реалізації. Як буде зрозуміло з подальшого викладу «ущільнення» життєвого циклу проблемної задачі не повинно обмежуватися скороченням термінів отримання шуканого рішення. У другій половині ХХ ст. саме і сформувалося *соціальне замовлення* на інтенсифікацію процесу пошуку рішень проблемних задач, передусім ТР. А традиційний «метод спроб та похибок», який називають також «методом послідовних наближень», «методом добору та підгонки»², можна сказати, себе вичерпав. Цей «метод», який у точному розумінні даного поняття [1] й методом неможливо назвати, не дає змоги інтенсифікувати процес

² Пойя Д. Математическое открытие. Решения задач: основные понятия, изучение и преподавание. — М.: Наука, 1970. — 452 с.

творчості, оскільки залежить *виключно* від інтуїції тих, хто цим займається. Інакше кажучи, даний «метод» спирається на процеси, які відбуваються у сфері неусвідомлюваного (того, що не може бути усвідомленим!), тому продуктивність таких процесів неконтрольована, адже вони залежать від чинників, що загалом не є контрольованими суб'єктами творчості, в усякому разі сьогодні: творчі здібності людини, її емоційний стан, зокрема вольові зусилля, ерудиція, а також різні випадковості.

У відповідь на згадане соціальне замовлення в другій половині ХХ ст. було розпочато екстенсивну розробку евристичних прийомів і методів, які мали замінити метод спроб та похибок на такий **інструментарій творчості (ІТв)**, який міг би інтенсифікувати пошук ТР та рішення будь-яких інших проблемних задач.

На створення спеціального ІТв було витрачено кілька десятиліть, напрацьовано величезну кількість евристичних прийомів та методів (більш ніж 375, за оцінкою відомого фахівця з методології творчості Г. Я. Буша³, а, за оцінкою автора статті, — ще більше), але переважна частина такого інструментарію виявилася непридатною або малоприсадною для інтенсифікації процесу творчості в науці та/або техніці. Екстенсивний шлях створення ІТв себе не виправдав: багато евристичних прийомів та методів являли собою лише «напівфабрикат», не менше було неоригінальних, до того ж «скопійованих із поганих взірців», а деякі виявилися взагалі непридатними для постановки та вирішення проблемної задачі.

Таким чином, виникла ситуація «глухого кута»: кількість евристичних прийомів та методів зростала, а практична користь від них зменшувалась, оскільки більшість із них не тільки не знижувала, а навіть

³ Буш Г.Я. Стратегии эвриологии. — Рига, О-во „Знание” Лат. ССР, 1986. — 64 с.

підвищувала працездатність процесу. Справа в тому, що на їх освоєння потрібно було витратити чимало часу аби врешті-решт переконатися, що цей час просто згаяно. Виникла потреба в радикальній *інтенсифікації* процесу наукової і технічної творчості. Автор цієї статті ще 1982 року висунув ідею створення для цього нової науки — **технології наукової і технічної творчості» (ТНТТ)**. Треба підкреслити, що ТНТТ **безпосередньо** не вирішує різноманітні проблемні задачі науки й техніки, вона створює для цього потрібний інструментарій. Цей інструментарій забезпечує керованість процесом творчості і, саме таким чином, гарантує його інтенсифікацію.

Треба підкреслити, що ідея ТНТТ виникла у автора цієї статті не раптово. Вона визрівала в ході багаторічної праці по створенню методу морфологічного аналізу систем (МАС) і методів морфологічного синтезу систем (МСС). Спочатку ми разом з С.С. Картавовим розробляли ці методи як інструментарій багатоаспектного системного аналізу і синтезу [1,2]. Потім, заглибившись в природу цих методів, автор зрозумів, що вони придатні для вирішення будь-яких проблемних задач, тобто вони є інструментарієм творчості. Ці методи в загальних рисах будуть розглянуті нижче.

Тепер, коли дано загальний опис всієї тріади термінів «*проблемна задача — інтенсифікація процесу її розв'язання — інструментарій творчості*» настав час визначити складові тріади. Самі дефініції та необхідні пояснення до них допоможуть зрозуміти, чому це дійсно тріада, тобто три взаємопов'язані поняття.

Проблемні задачі, згідно з концепцією Г.Я. Буша, — це «задачі, що характеризуються наявністю суперечностей між засобами вирішення та його метою»⁴, тобто шука-

ним рішенням. Це дуже загальне, а тому недостатньо інформативне визначення.

Згідно з нашою дефініцією, **проблемна задача** — це задача, процес вирішення якої *неможливо* алгоритмізувати **в точному (математичному) розумінні терміна «алгоритм»**. Це викликано відсутністю або неповнотою інформації стосовно природи процесів, які мають місце в системах, що досліджуються, а також — взаємозв'язку між цими процесами. А тому й умови проблемної задачі **не є однозначними**, як у зв'язку із недостатністю інформації або навіть її відсутністю, так і тому, що існує залежність між різними вимогами до шуканого рішення, між властивостями систем, що досліджуються, і між цими властивостями і вимогами до шуканого. Тому можна говорити, що те чи інше рішення відповідає умовам проблемної задачі лише в певному наближенні, і саме в цьому наближенні його можна і розглядати як шукане. Таким чином, зрозуміло, що для вирішення проблемних задач можна створювати лише евристичні алгоритми, оскільки однозначність є однією з основних, визначальних характеристик алгоритму як математичної категорії (див., наприклад, Толковий математический словарь. — М.: Русский язык, 1959 г. — стр.11).

Для математичних задач вживають терміни «розв'язання» (процес) і «розв'язок» (результат розв'язання) задачі. Доцільно зробити таке узагальнення: поширити ці терміни на будь-які задачі, що алгоритмізуються. Для проблемних задач, які не алгоритмізуються, потрібні інші терміни, автор використовує терміни «вирішення» (процес) та «рішення» (результат), підкреслюючи таким чином специфіку проблемних задач.

Під **інтенсифікацією** процесу постановки та вирішення проблемної задачі, зокрема — пошуку ТР, автор розуміє **підвищення одночасно**: а) *цілеспрямованості*,

⁴ Буш Г.Я. Проблемные задачи и регулятивы поиска их решения. — М.: ВНИИПИ, 1989. — 92 с.

б) *надійності*, в) *оперативності* цього процесу, а також г) *множинності* його результату. Ці складові інтенсифікації вказують на те, як треба керувати процесом постановки й вирішення проблемної задачі, щоб отримати шукані рішення, і який саме ІТв потрібно для цього створити та/або вдосконалити.

Охарактеризуємо ці чотири складові інтенсифікації.

а) *Цілеспрямованість* процесу постановки та вирішення проблемної задачі (наукової і технічної творчості) — це «наведення розробника (за допомогою відповідного ІТв) на ціль» — на шукане рішення, тобто рішення, що чітко відповідає умовам даної проблемної задачі.

б) *Надійність* процесу наукової і технічної творчості — це забезпечення високої вірогідності отримання саме такого рішення, що повністю задовольняє умовам відповідної проблемної задачі.

в) *Оперативність* процесу — скорочення термінів вирішення проблемної задачі при умові досягнення цілеспрямованості та надійності пошуку.

г) *Множинність* результату вирішення проблемної задачі — це отримання не одного, а кількох рішень, що в тому чи іншому наближенні відповідають умовам цієї задачі. Множинність може бути забезпечена тільки шляхом використання морфологічного ІТв.

Як уже підкреслювалося, процес постановки та вирішення проблемної задачі у разі використання «методу» спроб та похибок повністю спирається на інтуїцію розробника. Наш морфологічний інструментарій творчості, як буде показано далі, вже дав змогу помітно знизити питому вагу «сфери неусвідомленого», тобто роботи головного мозку суб'єкта творчості виключно на інтуїтивному рівні. Коли механізм роботи головного мозку в процесі творчого мислення буде вивчений хоча б у першому набли-

женні — у вигляді правдоподібних гіпотез механізму цього процесу — можна буде приступити до подальшого цілеспрямованого зниження питомої ваги «сфери неусвідомленого».

Інструментарій творчості (ІТв) — це евристичні за своєю природою прийоми, методи, алгоритми та програми постановки й вирішення проблемних задач.

Евристичні прийоми (ЕП) — це найпростіший інструментарій творчості, що признається, передусім, для реалізації окремих операцій в процесі вирішення проблемної задачі, але його можна використовувати і для вирішення простих проблемних задач в цілому, як підказку, що спрямовує на ідею рішення (наприклад, з допомогою ЕП⁵ аналогії або іншої асоціації). До ЕП можна відносити й «евристичні інструкції»: неформалізовані поради щодо побудови тих чи інших моделей систем, що досліджуються.

Евристичні методи (ЕМ) мають всі атрибути, які притаманні будь-якому методу дослідження або вирішення задачі [1]. Але, крім того, вони, на відміну від алгоритмізованих методів, споряджені ще одним атрибутом — евристичністю. А «теоретичні або практичні прийоми досягнення мети» [1, с. 42], в складі ЕМ — це евристичні прийоми — допоміжний інструментарій для отримання шуканих рішень проблемної задачі.

Евристичний алгоритм (ЕА) процесу вирішення та/або постановки проблемної задачі — це чітко структурована евристична процедура цього процесу, споряджена ІТв для реалізації неформалізованих етапів.

У свою чергу, **евристична процедура** — така система (послідовність) етапів та опе-

⁵ З класифікаціями ЕП можна познайомитися по роботах Г.Я. Буша та А.І. Половинкіна. Див.: Буш Г. Методы технического творчества. — Рига: «Лиесма», 1972. — 94 с. Автоматизация поискового конструирования. Под ред. А. И. Половинкина. — М.: Радио и связь, 1981. — 344 с.

рацій на етапах, де одні з них детерміновані повністю, а тому їх можна формалізувати й автоматизувати, а інші — не можуть бути детерміновані, отже їх вимушені реалізувати тільки спираючись на ІТв, який власне й призначений для «керування інтуїцією». Керування не є жорстким: це орієнтування розробників на проміжні і кінцевий результати (шукане рішення). Керування вирішенням проблемної задачі за допомогою ЕА — це **спрямування** всіх етапів пошуку, насамперед тих, що спираються на *інтуїцію*, на отримання шуканого. Спорядження евристичної процедури інструментарієм творчості необхідно для цілеспрямування і продуктивного використання *інтуїції* при побудові моделей та виконання інших операцій, що не підлягають формалізації. Цей ІТв і перетворює процедуру в ЕА.

Саме тому і комп'ютерні програми реалізації ЕА — це **евристичні програми (ЕПр)**: їх можна реалізувати виключно в режимі діалогу «розробники (і експерти) — комп'ютер» з метою використання інтуїції та фантазії розробників і ерудитів та інтуїції експертів.

Евристичний алгоритм посідає центральне місце в «евристичній четвірці»: евристичні прийоми, методи, алгоритми і програми. Адже ЕА — це детальна інструкція для вирішення будь-якої проблемної задачі, тоді як ЕП, як правило, лише допоміжний евристичний інструментарій, а ЕМ — дає лише **вказівки** на те, **що** робити на основних етапах вирішення проблемної задачі і що треба отримати. Свою точку зору на пару «ЕМ — ЕА» автор сформував, спираючись і на аналогію між цією парою термінів і парою «технологія — технологічний процес», про яку піде мова далі.

А тепер, коли викладена суть соціального замовлення на ефективний інструментарій творчості та «відповідь» автора на це замовлення — ідея ТНТТ, — а також за-

пропоновані визначення основних понять ТНТТ, можна подати загальну характеристику нової науки, що формується автором. Опишемо виникнення і формування її ідеї, її методологічну базу, класифікацію інструментарію творчості (продукт ТНТТ), а на завершення викладемо уявлення автора про шляхи подальшого розвитку нової науки.

ВИНИКНЕННЯ Й ФОРМУВАННЯ ІДЕЇ ТНТТ

Відсутність в літературі з психології творчості та нейрознавства ⁶ моделей або навіть гіпотез відносно механізму функціонування головного мозку людини саме в процесі творчості — постановки та вирішення проблемних, а також абстрактних задач — примусила автора шукати іншу **інформаційну базу**, яка дала б змогу сформувати конструктивний підхід до розробки ефективного інструментарію творчості. Такою інформаційною базою і став **технологічний підхід до наукової і технічної творчості**, який ми сформували при пошуку шляхів створення, а потім і під час розробки ЕА МАС. Він є узагальненням понять «технологічний процес» (ТП), «технологія» і «технологічний підхід» ⁷, — його поширенням на будь-які штучні (цілеспрямовані) процеси. Треба підкреслити, що саме аналіз морфологічного аналізу і створення ЕА МАС, а також — цілісної кон-

⁶ Нейронауки, або нейронаука, або нейрознавство — комплекс наук, який складається з нейроцитології, молекулярної нейробиології, розділу біофізики, що можна іменувати „нейрофізикою”, нейрохімії, нейроанатомії, нейрофізіології, нейроетології, нейропсихології та нейрокібернетики.

⁷ Підхід — це сукупність прийомів, засобів вивчення чого-небудь (Ожегов С.І.), а технологічний підхід — підхід, який відноситься до технології (для реалізації технологічних процесів). З точки зору конструктивної математики будь-який ТП (а тим більш — процес переробки інформації з отриманням нової) можна розглядати як конструктивний процес (див. праці Маркова А.А., Масло-ва С.Ю., Шанина Н.А. та ін.).

цепції евристичного алгоритму вирішення будь-яких проблемних задач і привів автора до висновку, що цей, а також і інші процеси наукової і технічної творчості треба розглядати як **специфічні технологічні процеси**. Дійсно, в цих процесах містяться всі компоненти та атрибути будь-якого технологічного процесу: є переробка сировини в цільовий продукт, є проміжні продукти цієї переробки, є інструментарій для реалізації всіх етапів ТП та операцій на етапах. В цьому автор повністю переконався, коли провів порівняльний аналіз різноманітних технологій та технологічних процесів зі створеним інструментарієм творчості та, відповідно, з процесом вирішення проблемної задачі на базі такого ІТв. *Специфіка* нашого технологічного процесу полягає в тому, що й сировина, й цільовий, й проміжний продукти — це інформація, причому цільовий продукт — **нова інформація, нові знання**. А інструментарій творчості, який використовується в нашому технологічному процесі, — то специфічний інструментарій переробки відомої інформації задля одержання нової — шуканого рішення проблемної задачі (див. рис. 1).

Щодо ТНТТ в цілому, то це інформаційна **метатехнологія**: технологія створення високоінтелектуальних інформаційних технологій — різноманітного інструментарію творчості. Це — найінтелектуальніша інформаційна технологія, бо головний мозок людини є найбільш складна система з тих, що нам відомі, а творче мислення — найскладнішим процесом із тих, що там відбуваються.

Термін «технологія», як відомо, використовується для визначення і 1) сукупності методів переробки сировини в цільовий продукт і 2) науки, що створює ці методи. Спираючись на соціальне замовлення на ефективний інструментарій творчості і визначення терміну «технологія», автор запропонував таку дефініцію ТНТТ:

Технологія наукової і технічної творчості — це **наука**, що має на меті **створення** інструментарію творчості, а з іншого боку — **вивчення** механізму творчого мислення саме за допомогою цього інструментарію. Створення ІТв здійснюється за допомогою нейронаук, психології творчості, а також — біосинергетики і нелінійної кінетики, креативної лінгвістики, теорії розв'язання задач (розділ штучного інтелекту) і кібернетики.

ТНТТ знаходиться зараз лише на стадії формування, і ця стаття представляє сукупність її можливостей, перспективи розвитку широкому колу наукової громадськості. ТНТТ — це також і сукупність різноманітного інструментарію творчості, тобто високоінтелектуальних технологій постановки та вирішення проблемних задач. Можна сказати й так: ТНТТ — це і весь той інструментарій творчості, що вже розроблений, і той, що буде створено, тобто — результат наукових пошуків сучасних і майбутніх технологів творчості.

Мета цієї статті — дати науковцям різних спеціальностей — і тим, хто працює в галузі фундаментальних наук і тим, хто розв'язує прикладні задачі, (створює нові технології, нову техніку) — загальне уявлення про нову науку: її предмет, метод і структуру, її призначення. А це означає — дати всім науковцям ефективний інструментарій вирішення їх проблемних задач. Що стосується конкретного інструментарію творчості, — наприклад, згаданого евристичного алгоритму морфологічного аналізу, — то він потребує детального розгляду і притому бажано на конкретних прикладах. Це й зроблено в монографіях [2,3] та багатьох інших працях автора, зокрема в [5-8].

МЕТОДОЛОГІЧНА БАЗА НОВОЇ НАУКИ

Як показано автором (див., наприклад, [4,5]), **інструментарій творчості** — це засоби впливу на систему «*суб'єкт твор-*

чості <процес творчості> об'єкт творчості», якій автор дав назву «система творчості». Ми розглядаємо саме такі впливи на об'єкт і/або суб'єкт творчості, які спрямовані на інтенсифікацію процесу творчості: технологічного процесу отримання шуканого рішення проблемної задачі.

Інструментарій творчості, що розробляється за допомогою ТНТТ, є одночасно і ефективним інструментарієм дослідження процесу творчості, а опосередковано і — феномену творчості в цілому. Він дозволяє перевіряти адекватність уявлень про механізм творчого мислення, на базі яких, власне, і був створений.

Отже, **об'єктом дослідження ТНТТ є система творчості, а предметом — процес творчості**, що реалізується за допомогою інструментарію творчості, а не відбувається виключно на інтуїтивному рівні.

До **основного ІТв** автор відносить:

1) Евристичні прийоми, методи, алгоритми і програми, що використовуються на різних етапах життєвого циклу проблемної задачі: від її виявлення та попередньої постановки аж до отримання шуканого рішення.

2) Психоевристичні прийоми, методи, алгоритми та програми впливу на суб'єкт творчості (В.В. Чавчанідзе), які у різний спосіб мобілізують його творчий потенціал саме для вирішення конкретної проблемної задачі.

Евристичний інструментарій впливу на об'єкт творчості, призначений, як було підкреслено вище, **не** для зведення проблемної задачі до тривіальної, або тривіальних, **а** лише для організації системи творчості та управління її функціонуванням (творчим процесом) з метою його інтенсифікації.

Психоевристичний інструментарій впливу на суб'єкт творчості [31], природно, *не утворює* його творчий потенціал, *а лише сприяє* найбільшому його розкриттю, включно з мобілізацією прихованих ре-

зервів. Він також призначається для організації системи творчості та управління процесом вирішення проблемної задачі: націлює суб'єкт творчості на шукане рішення та керує пошуком «як автопілот».

До основного інструментарію творчості слід відносити і **метаінструментарій ТНТТ**, тобто інструментарій створення й розвитку інструментарію творчості (ЕП, ЕМ, та ЕА), за допомогою якого керують цим процесом. Це і є **метод технології наукової і технічної творчості**.

Розробка *метаінструментарію* постановки та вирішення проблемних задач знаходиться на початковому етапі, але для опису навіть цих перших результатів потрібна окрема публікація. А тут обмежимося їх описом у найзагальніших рисах.

Автор запропонував два підходи до створення такого інструментарію: **інверсійний та конверсійний**. Треба підкреслити, що «підхід» — це більш широке та менш чітке поняття, аніж «метод». Останній повинен спиратися на процедуру його реалізації та на закономірності тих предметних областей, у котрих вирішуються проблемні задачі [1]. Таким чином, запропоновані підходи до створення *метаінструментарію* творчості слід розглядати лише як ідеї, начерки **майбутніх класів метаінструментарію**, що призначено:

1) для розробки, «конструювання» інструментарію творчості та

2) для перетворення існуючого інструментарію творчості на більш ефективний.

Під час пошуку шляхів розробки метаінструментарію творчості автор спирався також на наявність двох типів метасистем, таких що

1) призначені для дослідження інших (об'єктних) систем; це такі метасистеми, як «метатеорія», «металогіка», «метамова» і

2) призначені для зміни (перетворення) стану, форми існуючих систем; це такі метасистеми, як «метагенез», «метафаза».

Два класи метаінструментарію творчості, що спираються на інверсійний та на конверсійний підходи, є аналогами цих двох типів метасистем. Наявність цієї аналогії автор побачив тоді, коли припустив, що такі метасистеми, як метаінструментарій творчості першого класу можуть використовуватися не тільки для дослідження систем, а і для **створення** іншого інструментарію творчості, а метасистеми другого — для **перетворення** існуючого інструментарію творчості у новий, ефективніший. Власне, останнє можна розглядати і як «зміну стану» існуючого інструментарію творчості.

Інверсійний шлях розробки метаінструментарію творчості — «від формалізованих методів — до евристичних» — це інвертування звичайного шляху розробки формалізованих методів: від евристичного методу (або його ідеї, принципу) — до формалізованого, до математичного методу.

Інверсійний підхід — це, звичайно, не переписування математичних методів на природничу мову, а синтез нового метаінструментарію. З кількох, або цілої множини математичних методів «видобувають» продуктивні евристичні ідеї, прийоми, підходи і синтезують на їх основі ефективний евристичний метод.

Справа в тому, що будь-який математичний метод, зокрема формальний або формально-евристичний метод дослідження операцій походять від евристичного методу, або евристичного принципу, ідеї. Потім формальні методи «розмножуються», утворюючи цілий клас і при цьому «евристичне зерно», що в них було закладено, змінюється, збагачується, а тому виникає принципова можливість «видобути евристичну сутність» з усіх нових формальних методів та синтезувати на її основі новий ефективний евристичний метод. При цьому доцільно використовувати додатково і відомі евристичні методи (закладені в них ідеї, підходи, прийоми).

Конверсійний шлях розробки метаінструментарію — це шлях перетворення існуючих евристичних методів у нові — більш ефективні. Треба зауважити, що, в принципі, можливо перетворювати (конвертувати, трансформувати) і ТС, зокрема технологічні процеси, і задачі, в тому числі проблемні, а, головне, евристичні методи. **Конверсійний підхід** спирається на можливості перетворення евристичного методу одного класу в ЕМ — другого. При цьому можливо значною мірою зберегти переваги обох відомих класів методів, про які буде йти мова нижче, — морфологічного і трансформаційного і створити своєрідний гібридний метод.

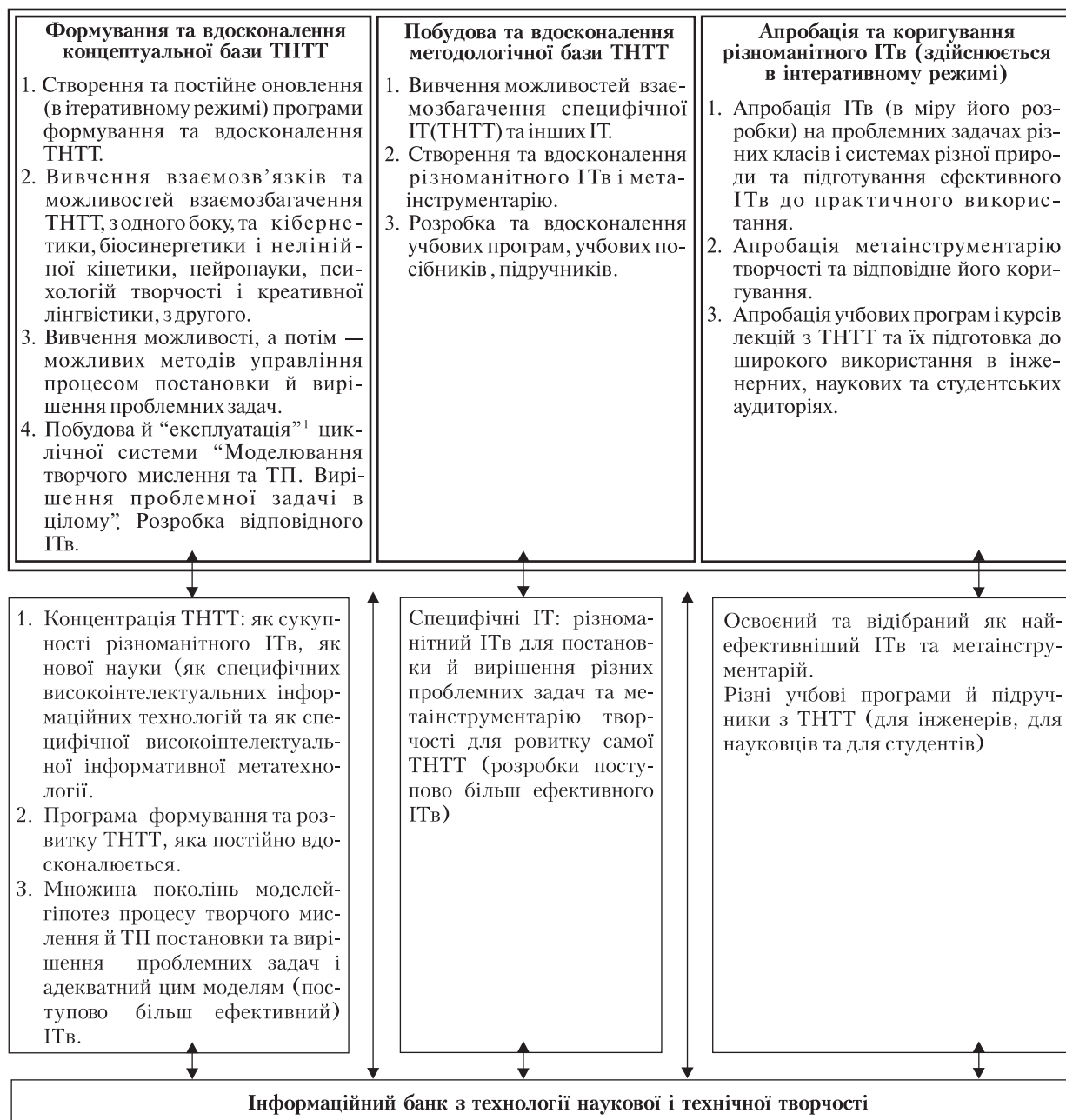
До **допоміжного інструментарію творчості** автор відносить такий інструментарій, який дає змогу підвищити продуктивність праці суб'єкта творчості.

Це різні засоби формування продуктивного «творчого фону»: спеціальні приміщення, світловий, колірний та музичний фон тощо. До допоміжного інструментарію творчості можна віднести й методи організації спеціальних творчих груп, груп експертів, а також деякі прийоми та методи організації праці дослідників та винахідників.

Складною та багатоплановою є і **структура ТНТТ**, яка постійно еволюціонує, оскільки складними, багатоплановими та мінливими є суб'єкт і об'єкт творчості, предмет дослідження, інформаційна сировина та «інформаційний продукт» (шукане) цього технологічного процесу⁸, особливо, якщо врахувати множинність результату вирішення проблемної задачі. У зв'язку з усім цим, можна розглядати **множину структур ТНТТ**.

Зокрема, для визначення шляхів та розробки стратегії розвитку нової науки була побудована структурна модель (граф типу

⁸ Треба взяти до уваги багатоплановість даних та умов проблемної задачі, їх неоднозначність та потребу в коригуванні цих умов в ході розв'язання такої задачі.



¹ Масмо на увазі, що система повинна бути постійно діючою, вона призначається для генерування зростаючої множини поколінь моделей-гіпотез та ІТв, який побудований, спираючись на ці моделі.

Рис.2. Структура системи «Формування й розвиток технології наукової і технічної творчості».

блок-схема) еволюційної системи «Формування й розвиток ТНТТ» (рис. 2), яка є однією з можливих структур ТНТТ.

Як одну із структур можливо розглядати сукупність задач, які треба вирішити,

щоб сформувану нову науку і тих задач, які вже вирішені або вирішуються нами для формування ТНТТ (табл.1). Враховуючи, що уявлення про процес мислення при вирішенні проблемних задач буде зміню-

Таблиця. 1. Основні задачі технології наукової і технічної творчості та їх вирішення

Основні задачі технології наукової і технічної творчості	Задачі, що вирішені та вирішуються автором статті та його співробітниками
Формування методологічної бази технології наукової і технічної творчості (ТНТТ).	Окреслено призначення нової науки, її предмет, метод і структуру; створено її понятійний апарат, розглянуто основні шляхи та можливості її становлення та розвитку.
Вивчення механізму реалізації всіх стадій життєвого циклу (ЖЦ) проблемної задачі: 1) за допомогою системного аналізу ПС, що склалася у зв'язку із виникненням потреби в інновації, виявлення проблемної задачі , або задач, що адекватні цій інновації; 2) постановка й коректне формулювання цих задач; 3) вирішення (кожної) проблемної задачі: а) реалізація ЕА морфологічного аналізу систем (МАС), б) проведення морфологічного синтезу (МСС) шуканого рішення.	Запропонована класифікація методів творчості: евристичних методів вирішення проблемних задач на знаходження або винаходження. Розкрита природа задачі морфологічного дослідження систем (морфологічного аналізу й морфологічного синтезу). Проводиться вивчення природи задачі трансформаційного аналізу і синтезу.
Створення та вдосконалення методу ТНТТ : інструментарію створення інструментарію творчості (евристичних прийомів, методів, алгоритмів і програм).	Розроблена концепція методу ТНТТ та класифікація множини метаметодів, що складають цей метод. Запропоновано інверсійний підхід до розробки нових метаметодів та конверсійний — для перетворення існуючих методів в нові — більш ефективні та створення гібридних методів.
Виявлення, критичний аналіз та узагальнення евристичних прийомів та методів, що запропоновані різними авторами, а також індивідуальних евристичних прийомів, що зібрані психологами творчості для «конструювання» на цьому ґрунті нового ефективного інструментарію творчості (ІТв).	Запропоновані дефініції понять: евристичний прийом, евристичний метод, евристичний алгоритм та евристична комп'ютерна програма, проаналізовані взаємозв'язки між цими поняттями. Запропонована класифікація трансформаційних та морфологічних евристичних прийомів. Розроблена класифікація методів морфологічного синтезу.
Постійне цілеспрямоване формування нового, більш ефективного ІТв для постановки та вирішення проблемних задач, спираючись на циклічну ітеративну систему « Моделювання процесів творчого мислення та вирішення проблемних задач ↔ формування та вдосконалення на базі цих моделей ІТв ». Ця система покликана вдосконалити ІТв й одночасно коригувати, поглиблювати та розширювати наші знання механізму цього процесу, зокрема за допомогою розробки програм досліджень творчого мислення.	Спираючись на морфологічний підхід до систем, що розглядаються, та на концепцію „технологічного процесу (ТП) як продуктивного цілеспрямованого синтезу нової інформації” здійснено моделювання процесу реалізації ЖЦ проблемної задачі та розроблено такий ІТв: а) ЕА МАС, б) блочно-лабіринтний метод, метод багаторазового послідовного класифікування та інші методи МСС.
Автоматизація процесу постановки та вирішення проблемної задачі як автоматизація єдиного процесу реалізації усього життєвого циклу проблемної задачі, що підвищить оперативність отримання шуканого рішення.	Створена концепція автоматизації процесу наукової і технічної творчості на базі розробленої нами системи морфологічного ІТв, що призначена для реалізації усього життєвого циклу проблемної задачі. Розпочато розробку програмних модулів такої автоматизованої системи.
Адаптація розробленого інструментарію творчості до задач різних класів та систем різноманітної природи.	Проведена адаптація ЕА МАС до проблемних задач пошуку нових ТР та до багатоаспектного класифікування систем таких класів: «вимірювальні прилади», «сільськогосподарські техніка і технології», «літальні апарати», «поштово-техніка», інформаційні процеси, тощо.
Створення технологій діяльності творчих груп, що створюються задля постановки й вирішення проблемних задач.	Спираючись на морфологічний механізм вирішення проблемних задач були запропоновані принципи розбудови морфологічного мозкового штурму, морфологічної синектики, а також — вдосконалення психоевристичного програмування (методу В.В. Чавчанідзе).

ватися, поглиблюватися, уточнюватися, а ТНТТ та її **продукт** — інструментарій творчості — будуть вдосконалюватися, «множина задач ТНТТ» є *відкритою множиною*.

Ієрархічна класифікація інструментарію творчості — поділ його на інструментарій та метаінструментарій, поділ інструментарію творчості на основний та допоміжний, а основного — на евристичний та психоевристичний, — викладена вище. А зараз розглянемо більш детально класифікацію евристичного інструментарію творчості, який вже адаптовано для вирішення різноманітних проблемних задач.

КЛАСИФІКАЦІЯ МЕТОДІВ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМНИХ ЗАДАЧ

Коректна класифікація механізмів, а відповідно і методів вирішення проблемних задач, що була розроблена в 1981 р., детально викладена в [3-5], а тут опишемо її лише в загальних рисах.

За основу поділу об'єму поняття «метод вирішення проблемних задач на віднаходження» був вибраний «механізм» цього процесу.

Механізм постановки та вирішення проблемної задачі — це логічна та просторово-часова структура цього процесу при його розгляді на процедурному рівні: на рівні взаємопов'язаних та взаємообумовлених стадій, етапів і операцій, які реалізує суб'єкт творчості за допомогою інструментарію творчості.

Вивчаючи механізм процесу постановки та вирішення проблемної задачі, автор переконався в тому, що цей процес завжди⁹ складається з двох стадій: 1) *стадії аналізу* інформації стосовно класу об'єктів, що

⁹ Задачі декомпозиції та класифікації об'єктів — це тільки перші стадії процесу вирішення задач на винаходження, які реалізуються як самостійні задачі.

досліджуються, до якого належить і шукане рішення та 2) *стадії синтезу* шуканого рішення.

Спираючись на уявлення про механізм процесу вирішення проблемної задачі і аналізуючи відомі ЕП, ЕМ, й ЕА, автор дійшов висновку, що можливі **два й тільки два** принципово різних **механізми** постановки та вирішення проблемних задач та, відповідно, два класи ЕМ: метаморфічний (трансформаційний) та морфологічний (багатоаспектний системний).

Той чи інший відомий ЕМ будемо відносити до морфологічного чи трансформаційного класу залежно від того, який механізм вирішення задачі є домінуючим. Справа в тому, що практично «чисто морфологічних», або «чисто трансформаційних»¹⁰ обмаль. Наприклад, у багатьох відомих трансформаційних методах можна виявити «сліди» морфологічного механізму і навпаки, тобто має місце певна «гібридизація механізмів», що зробили автори цих методів інтуїтивно, без чіткого уявлення про наявність двох механізмів, і про те, що вони займалися «схрещуванням механізмів». З другого боку, цілеспрямована гібридизація можлива й доцільна, але це завдання на майбутнє.

Розглянемо в загальних рисах обидва класи методів.

Трансформаційний (<лат. *transformate*>) — перетворювати, змінювати якість, форму, вид, вигляд чого-небудь), або метаморфічний (<грец. *metamorphosis*> — перетворення, повна довершена зміна) — **механізм** полягає в отриманні шуканого рішення задачі шляхом перетворення, перебудови його прообразу: прототипу або моделі шуканого. Отже, задля отримання шуканого (ТР,...) необхідно, по-перше, сформулювати

¹⁰ Поняття «трансформаційний» та «метаморфічний» тотожні, хоча поширене серед фахівців з методології творчості лише перше.

уявлення про його прообраз: знайти прототип або побудувати адекватну вихідну модель («обриси» шуканого). По-друге, розробити ЕА трансформації (для того чи іншого трансформаційного методу) та весь потрібний для його реалізації трансформаційний ІТв.

Основні принципи, на яких базуються методи метаморфічного класу, були закладені ще в працях Парменіда та інших елейських вчених (V ст. до н. е.), а потім Платона, Евкліда, Паппа Олександрійського та Аристотеля. До класу сучасних трансформаційних методів треба відносити передусім такі: трансформація системи, пошук нових функцій (Дж. Джонс), алгоритм розв'язання винахідницьких задач (Г.С. Альтшуллер)¹¹. Останній — це найбільш відомий трансформаційний метод, який детально розроблено (є процедура) і який широко використовується.

На **першій стадії трансформації** — *стадії трансформаційного аналізу*, аналізуючи вимоги до шуканого рішення та **суперечності**, які спричинили ситуацію потенційного інноваційного запиту, **знаходять прототип** або **будують** ту чи іншу вихідну **модель шуканого** (трансформують «обриси» шуканого — уявлення про нього).

На **другій стадії** — *стадії трансформаційного синтезу*, трансформуючи прототип або модель шуканого, знаходять **ідею** шуканого: уявлення про те, як можна розв'язати вказану **суперечність**.

¹¹ Звична російська абревіатура «АРИЗ» — «алгоритм рішення изобретательских задач», але це не алгоритм, навіть не ЕА, бо процедура «АРИЗ» не гарантує отримання шуканого навіть при найскрупульознішому її виконанні, а лише — ідеї цього рішення. В цьому можна переконатися, якщо ознайомитися, наприклад, з монографією: Альтшуллер Г. С. Найти идею: Введение в теорию решения изобретательских задач. 2-е изд. — Новосибирск: Наука, 1991. — 224 с.

Процедура трансформаційного аналізу, як вважає багато фахівців, має базуватися на принципі, котрий Папп Олександрійський іменував «регресивним міркуванням», Д. Пойя — «просуванням від кінця до початку», а ряд фахівців зі штучного інтелекту — «назаднім рухом», тобто просуванням від вихідних уявлень щодо шуканого, що почерпнуті з аналізу заданої ситуації потенційних інноваційних запитів, а потім — умов задачі, до прообразу шуканого. Перехід від початкових обрисів шуканого до його прототипу або — від менш адекватної до більш адекватної моделі шуканого реалізується в існуючих методах трансформації виключно в сфері неусвідомленого та раптово завершується інсайтом (осаянням): миттєвим проривом ідеї шуканого рішення у свідомість. Весь цей процес *в цілому* неможливо витягти в сферу усвідомленого, а відповідно структурувати, інвертувати (спрямовувати від початку до кінця) та використовувати на другій стадії трансформації — як канву для побудови ЕА трансформаційного синтезу. Тому процедури вирішення проблемних задач, що базуються на трансформаційному механізмі, не гарантують успіху — отримання шуканого, — і трансформацію доводиться провадити неодноразово, а проблемна задача іноді так і залишається невирішеною.

Природні процеси **відбуваються** у відповідності із їх механізмами, які є предметом фундаментальних досліджень. Штучні (цілеспрямовані!) процеси реалізуються **людьми** згідно з «побудованими» ними механізмами. Зазвичай — це аналогії (модельні, спрощені уявлення) механізмів природних процесів, але з урахуванням *цілеспрямованості* в діяльності суб'єкта творчості. У нашому випадку — це модель механізму роботи головного мозку саме при вирішенні проблемної задачі на процедурному (технологічному) рівні.

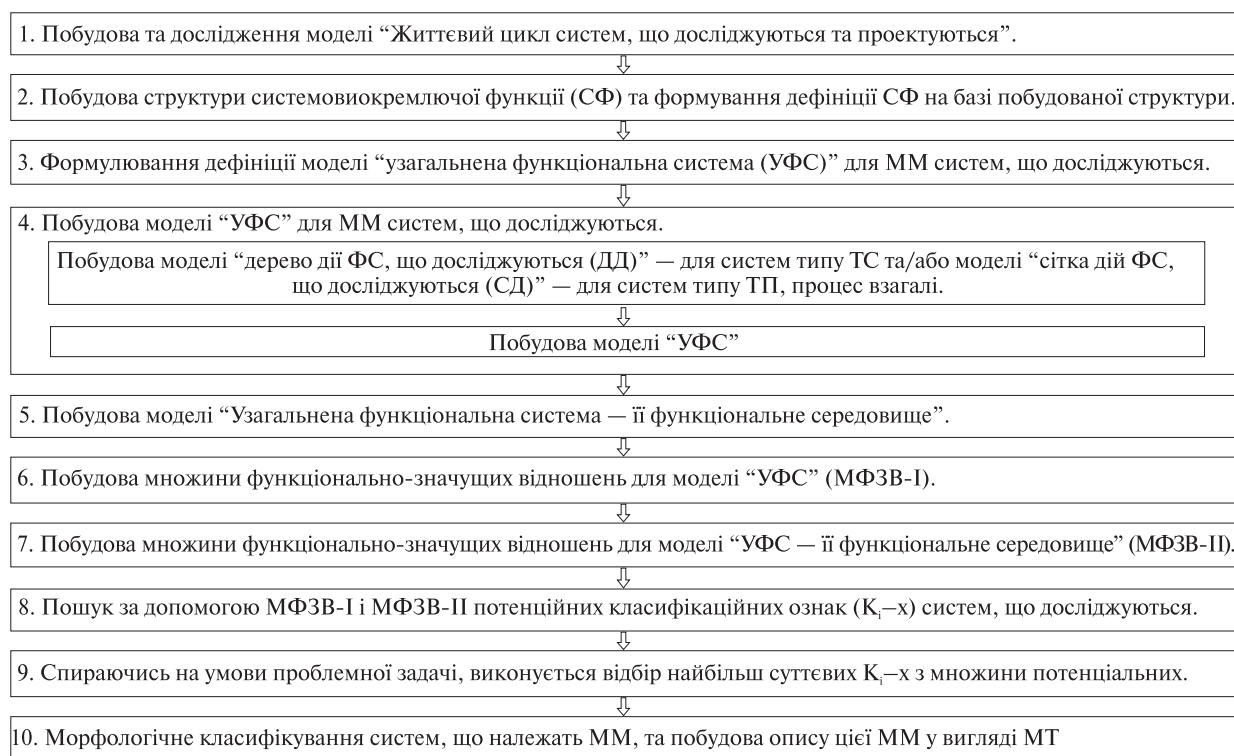


Рис. 3. Блок-схема агрегованої процедури морфологічного аналізу систем.

Під час реалізації трансформаційного механізму практично завжди не вистачає інформації щодо прообразу шуканого задля побудови *адекватної* моделі його образу і розробники вимушені вивчати також множини ТС-аналогів, тобто виходити за межі трансформаційного механізму: використовувати елементи морфологічного.

Морфологічний (<грец. *morphe*> — форма, структура та <логос> — поняття, відношення, думка, вчення) **механізм** полягає в побудові *множини всіх можливих рішень* даної та аналогічних задач, тобто **морфологічної множини рішень і вибору** з цієї множини **шуканого рішення** (одного чи кількох рішень, що відповідають умовам проблемної задачі¹²).

¹² Множинність шуканих дає лише морфологічний метод. Забезпечення множинності при використанні трансформаційного методу — це просто багаторазове вирішення проблемної задачі, кожного разу спираючись на дещо відмінний прообраз, що дуже працює.

Побудова ММ (в формі морфологічної таблиці або дерева — МТ або МД) — це **перша стадія** вирішення проблемної задачі при її реалізації на основі морфологічного механізму — *стадія морфологічного аналізу*. Причому ММ є одночасно й множиною всіх можливих рішень проблемної задачі й множиною всіх систем класу, що досліджується, оскільки вирішення проблемної задачі — це опис системи (у вигляді n -ки K_i^{li-x}), що задовольняє умовам задачі.

Термін «морфологічний» ми, слідом за Ф. Цвікі, вживаємо в сенсі «структурний», але з уточненням: «багатоаспектний структурний». Ф. Цвікі — швейцарський астрофізик, який запропонував термін «морфологічний аналіз» та опублікував з цієї теми кілька монографій. На жаль, його процедура МАС, власне, не є процедурою, оскільки не дає відповіді на запитання, як її реалізувати, а лише містить загально методологічні рекомендації. Той, хто нею користу-

Таблиця 2. Морфологічна таблиця способів підведення навантаження до часток при руйнуванні їх структури *

Класифікаційна ознака	Значення класифікаційної ознаки					
	Нахил вектора навантаження до поверхні частки	По дотичній до поверхні	Перпендикулярно поверхні всередину	Перпендикулярно поверхні назовні	Під кутом до поверхні всередину	Під кутом до поверхні назовні
Розподіл навантаження підведеного до частки	Зосереджене в точці	Зосереджене по лінії	Нерівномірно розподілене (в зоні поверхні)		Рівномірно розподілене по поверхні	Рівномірно розподілене по об'єму
Спрямовання підведення навантаження до частки	Однобічне навантаження		Двобічне зустрічне навантаження	Двобічне центральносиметричне навантаження		Всебічне навантаження
Режим навантаження (співвідношення швидкості навантаження та швидкості розповсюдження пружної деформації)	Швидкість навантаження значно менша швидкості розповсюдження пружної деформації (Статичне навантаження)		Швидкість навантаження менша, але близька до швидкості розповсюдження пружної деформації (Докритичне динамічне навантаження)		Швидкість навантаження перевищує швидкість розповсюдження пружної деформації (Ударне або вибухове навантаження)	
Кратність підведення навантаження до частки при руйнуванні її структури	Багатократне навантаження часток				Однократне	
	Періодичне		Хаотичне			
	Резонансне (з частотою автоколивань структури часток)		Циклічне (довільна частота)			

* Шередеко Ю.Л. Классификация способов нагружения разрушаемых частиц. // «Машины для ферм», Вып.4, Киев, 1992, с. 23–28.

вався, був вимушений спиратися виключно на свою інтуїцію.

«Структурність», — аналіз, побудова, дослідження структур, побудова структурних, передусім, функціональних структурних моделей, — пронизує все наше морфологічне дослідження.

По-перше, результат МАС — багатоаспектна класифікація систем, що досліджуються (їх ММ), зображена у вигляді МТ¹³ — як і будь-яка класифікація описує структуру класу систем, що досліджуються.

По-друге, наш ЕА МАС структурує сам процес побудови (отримання) МТ, який здійснюється за допомогою інструментарію

¹³ Приклади МТ наведені в монографії [3] та багатьох інших наших працях.

творчості. Детальна структура ЕА МАС наведена в монографії [3, с. 258–262], агрегована — зображена на рис. 3.

По-третє, всі моделі, які будують згідно ЕА МАС, описують функціональні структури систем, що досліджуються, і структуру їх функціонального середовища (безпосереднього оточення ФС).

По-четверте, результат МАС, — шукане рішення проблемної задачі — це також структура, яка, враховуючи множинність шуканих, зображена в формі n-ок значень суттєвих класифікаційних ознак (див. таблицю 2).

Якщо трансформаційний механізм спирається на аналогію між шуканим рішенням та його прообразом, то морфологічний — на подібність цілого (ММ) і його частин (морфологічної підмножини відо-

мих систем), тобто підмножини описаних і реалізованих на практиці систем (ТС, ...), що належать до тієї самої ММ. При цьому в більшості випадків з опису множини відомих ТР, що належать класу ТС, що досліджується, а також ТС-аналогів цього класу, можна добути більше інформації про ММ в цілому, ніж із опису образу шуканого — про саме це шукане, як це робиться в трансформаційних методах. Зазвичай більшість класів ТС, які виникли досить давно, або які дуже інтенсивно розвиваються, містять велику кількість реалізованих та описаних (в патентних фондах, літературі) ТР, тому інформації про ТС цього класу накопичено в достатній і не виникає труднощів в побудові моделей, що потрібні для реалізації нашого ЕА МАС. Якщо маємо справу з новими системами, то для отримання якомога повного уявлення про їх функціонування задля побудови функціональних моделей в процесі МАС обов'язково треба вивчити ТС аналогічних класів.

Будь-яке класифікування природньо розглядати як **аналіз**, оскільки **ціле** (у нас — ММ, що досліджується) ділиться на **частини** (у нас — морфологічні підмножини) за правилами поділу об'єму поняття¹⁴. При морфологічному класифікуванні такий поділ виконується n -разів (відповідно до кількості K_i -х). Отже, кожен i -тий рядок МТ є класифікацією тієї ж самої ММ за відповідною (i -ою) ознакою (K_i -ю), а МТ в цілому — **класифікація морфологічна (КМ)** — *множина класифікацій*, або *багатоаспектна класифікація* систем, тобто класифікація в n -мірному просторі ознак (K_i -х)¹⁵.

¹⁴ Див.: «Кондаков Н.Н. Логический словарь-справочник. — М.:Наука, 1975. — 780 с.» (стор. 464 — 465).

¹⁵ А тому і за морфологічним класифікуванням ми зберегли термін «морфологічний аналіз систем».

Класифікація морфологічна має бути не тільки **коректною**, як будь-яка інша, а ще й **нормативно повною** та **продуктивною** n -мірною класифікацією. Наш ЕА МАС забезпечує побудову саме такої КМ (у вигляді МТ або МД).

Морфологічна класифікація **буде коректною**, якщо МТ побудована як *множина коректних* (вірних) класифікацій, а для цього треба дотримуватися таких правил:

1) в якості K_i -х необхідно використовувати інваріанти і тільки інваріанти систем, що досліджуються (ФС \in ММ),

2) кожна з n -класифікацій ММ (рядок МТ) має задовольняти чотирьом правилам поділу об'єму поняття,

3) поділ ММ по кожному K_i -му повинен бути проведений з урахуванням природничих законів та специфічних закономірностей предметної галузі, що досліджується при вирішенні проблемної задачі.

Під **інваріантом** системи ми розуміємо такий її елемент або сукупність елементів, таку властивість елементу чи їх сукупності і такі відношення між цими властивостями, які зберігаються при переході від будь-якої однієї з систем, що належать даному класу, до будь-якої іншої системи цього ж класу. Ці інваріантні властивості приймають різні значення в різних системах класу, що досліджуються, але будь-яка система відповідного класу обов'язково володіє одним із значень даної властивості. Інваріантами можуть бути або *функціональні* інваріанти або *конструкційні*, або ж, зрештою, — *технологічні*.

Щоб КМ була **нормативно повною** n -мірною класифікацією, треба відібрати з множини *потенційних* K_i -х, кожна з яких може бути основою класифікації, *ті та тільки ті*, які є найбільш суттєвими згідно з умовами даної задачі. Кількість відібраних до МТ K_i -х визначається складністю задачі, що вирішується, та ресурсами часу, який є у розпорядженні розробників. А це, у свою

чергу, визначає повноту та детальність опису систем, що досліджуються.

Продуктивність процесу морфологічного класифікування та його результату (КМ) — означає **цілеспрямоване** включення до ММ, яку класифікуємо, *нових, раніше не відомих систем*. Це можна здійснити шляхом розширення самого класифікаційного простору, скажімо, від «n» до «n+k» з включенням таких K_i -х, які раніше не розглядалися і, відповідно, таких їх значень (K_i^{11}), які можуть суттєво розширити функціональні можливості систем, що досліджуються.

Запропоноване нами продуктивне морфологічне класифікування передусім і визначає високу ефективність морфологічного методу як методу творчості, а ЕА МАС — як високоефективного ІТв.

Моделі, що будуються для одержання МТ, були перелічені вище. Для побудови МТ потрібен ще й такий допоміжний інструментарій, як дві множини функціонально-значущих відносин — МФЗВ-I і МФЗВ-II. МФЗВ-I будується для моделі «УФС». Це множина властивостей систем, що досліджуються, властивостей їх підсистем, відношень між підсистемами і різних властивостей цих відношень. МФЗВ-II будується для моделі «УФС — середовище». Це множина різноманітних відношень між системами, що досліджуються та об'єктами з їх функціонального середовища, а також властивостей цих відношень. Приклади МФЗО для конкретних класів ТС наведені в [3].

На **другій стадії** вирішення проблемної задачі на базі морфологічного механізму — *стадії морфологічного синтезу (МСС)*¹⁶ — виконується вибір шуканого рішення з ММ систем, що досліджуються. За умови коректної побудови ММ, яку забезпечує наш ЕА МАС, шукане рішення обов'язково міститься в цій множині. Але його пошук —

¹⁶ Це поняття було введено нами ще у 1973 р. [1].

не тривіальний процес, оскільки ММ середніх розмірів містить $10^{10} \div 10^{100}$ рішень (варіантів $W_i \in \text{ММ}$). Безумовно, що їх повний перебір, рекомендований Ф. Цвікі, реалізувати неможливо, необхідні евристичні по своїй природі методи й алгоритми МСС.

Множину всіх можливих методів МСС природньо було розділити на два класи в залежності від того, чи досліджуються системи в цілому, чи по частинам (див. рис.1 з [10]).

Методи першого класу були названі автором морфологічними методами пошуку, а другого — морфологічними методами «конструювання варіантів» ($W_i \in \text{ММ}$) [10].

В методах другого класу «складання» n-варіантів (W_n), тобто отримання опису цілісної функціональнопридатної (або функціональноздатної)¹⁷ системи, яка відповідає умовам проблемної задачі, треба провадити на основі вивчення взаємозв'язків між g-варіантами (описом підсистем)¹⁸, з котрих їх «складають» (синтезують), та з урахуванням зв'язків між вимогами до шуканого рішення і K_i -ми. Вживання терміну «синтез» у цьому випадку не викликає жодних питань. Правомочність застосування терміну «синтез» стосовно методів морфологічного пошуку теж стає очевидною, коли взяти до уваги необхідність встановлювати сумісність підсистем у вже вибраному варіанті: спочатку відбирається з ММ цілісний варіант, а вже після цього встановлюється сумісність g-варіантів, з яких він складається.

Методи I-го класу, в свою чергу, були поділені (див. [9 та 10, рис.1]) на три

¹⁷ В залежності від того за допомогою цієї системи реалізується функція, чи вона її реалізує сама (в автоматизованому режимі).

¹⁸ Це можуть бути підсистеми різного рівню ієрархії підсистем і відповідно різної значимості для реалізації функції в цілому.

підкласи по такій класифікаційній ознаці, як механізм, що реалізується при отриманні шуканого рішення проблемної задачі.

Перший підклас — методи «фільтрації ММ» — це методи відсіювання варіантів рішення проблемної задачі, які завідома не відповідають умовам задачі. Ці методи більш придатні для *попереднього* скорочення ММ.

Другий підклас — методи «зондування ММ» — це методи видобудування з ММ **вибір** W_i -х з наступним перебором W_i -х в цих вибірках. В цьому випадку розраховуємо на можливість виявити в K -вибірці ($K \ll n$, n — кількість $W_i \in$ ММ) шукане рішення і таким чином уникнути повного перебору $W_i \in$ ММ, навіть не наблизитися до нього.

Третій підклас — методи «вдосконалення прототипу» — це методи подібні до трансформаційних, але на відміну від звичайних трансформаційних методів, кожна наступна трансформація в ланцюжку $W^{\text{вих}} — \dots — W^1 — \dots — W^T$ ¹⁹ виконується не суто інтуїтивно, а цілеспрямованим просуванням в цьому ланцюжку за допомогою спеціальних евристичних прийомів (ЕП_{пр})²⁰, які розглядаємо як оператори трансформації. При цьому кожний наступний, скажімо i -й, результат трансформації (W^i) не треба винаходити, як у звичайних трансформаційних методах, а просто знаходити в ММ, що побудована за допомогою нашої ЕА МАС.

¹⁹ $W^{\text{вих}}$ — вихідний варіант, W^T — термінальний (кінцевий, тут — в ланцюжку), тобто шукане рішення, W^1 — проміжний, з тих, що входить до ланцюжку.

²⁰ До цього класу відноситься переважна більшість ЕП, що описані в літературі, коректна класифікація дана Г.Бушем: Буш Г. Методы технического творчества — Рига: «Лиесма», 1972. — 94 с. А в «Основы эвристики для изобретателей. II часть». Рига: О-во «Знание» Лат. ССР, 1977. — 68 с. Буш Г. О. називає ці ЕП «евристичними усвідомлено-логічного пошуку». Поділ ЕП на трансформаційні й морфологічні запропонований автором.

Ця ММ містить усі можливі варіанти систем, що досліджуються. В методах цього класу не виділяють пріоритетні W_i -ті, як у методах «зондування», а будують пріоритетні ланцюжки W_i -х — маршрути в орієнтованих графах — за допомогою векторної сітки, на котру записана ММ. Сумарна кількість W_i -х у сукупності маршрутів може при цьому складати лише незначну частину ММ, на що ми, власне, й розраховуємо.

Задача МС — це одночасно а) задача перебору, б) оптимізаційна задача, або задача вибору²¹, а також в) числення. А тому результати, отримані при вирішенні ЗМС одночасно як задачі типу а), б), і в) легко порівняти, відкоригувати й отримати таким чином адекватне шукане проблемної задачі МСС.

Детально з методами МСС можна ознайомитися по циклу праць автора (див., пердусім, [9-12]).

До класу морфологічних, тобто таких, що в тій чи іншій мірі спираються на морфологічний механізм постановки та вирішення проблемних задач, належить більшість відомих евристичних методів. З найбільш відомих можна назвати метод «морфологічних ящиків» (Ф. Цвікі), метод «понять, що організують» (Ф. Ханзен), метод морфологічного класифікування (В.М. Одрін і С.С. Картавов), багаторівневий морфологічний метод (Р. Коллер), метод аналізу взаємопов'язаних областей рішення (Дж. Лакмен), функціонально-вартісний аналіз (Ю.М. Соболев, Л. Майлс, Х. Еберт, К. Томас, М.Г. Карпунін, Б.І. Майданчик), метод «матриця відкриття» (А. Моль) та інші.

Порівняльний аналіз обох механізмів вирішення проблемних задач привів до таких висновків: трансформаційні методи суттєво більш цілеспрямовані і менш працеємні, ніж морфологічні, але суттєво менш надійні, оскільки нема можливості визна-

²¹ Айзерман М.А., Алескеров Ф.Т. Выбор вариантов. Основы теории. — М.: Наука, 1990. — 239 с.

чити навіть вірогідність отримання шуканого рішення. Така ненадійність трансформаційних методів викликана тим, що перехід від уявлень про шукане на етапі постановки задачі, — від тієї чи іншої його первинної моделі до його прототипу, або до більш адекватної моделі, — реалізується переважно в сфері неусвідомлююмого і лише у випадку осяяння (інсайту) миттєво проривається в сферу усвідомлююмого. Цей процес неможливо «витягти» в сферу свідомого, структурувати, інвертувати та використати потім як канву процедури трансформаційного синтезу. Саме тому методи і алгоритми, побудовані на основі трансформаційного механізму постановки й вирішення проблемних задач спираються на інтуїцію суб'єкта творчості незрівняно більше, ніж морфологічні, а тому не гарантують успіху, і трансформацію часто доводиться повторювати неодноразово, а проте безрезультатно, не кажучи вже про отримання **множини** шуканих.

Морфологічні методи суттєво ефективніші трансформаційних: наш ЕА МАС гарантує отримання коректної, нормативно повної та продуктивної КМ, а МСС — отримання шуканого рішення будь-якої проблемної задачі, що відповідає її умовам. Ефективність нашого морфологічного ІТв зумовлена тим, що він 1) дозволяє суттєво підвищити питому вагу операцій, що виконуються під контролем свідомості, 2) забезпечує керованість і такими етапами ЕА, які спираються на інтуїцію суб'єкта творчості і 3) забезпечує *множинність* результату вирішення проблемної задачі.

Таким чином, наш морфологічний інструментарій творчості дає змогу здійснювати наукові дослідження більш цілеспрямовано й продуктивно, а винаходи робити, так би мовити, «на замовлення»: отримувати ТР²² в повній відповідності до умов

²² І взагалі рішення будь-яких проблемних задач.

проблемної задачі й актуальні, потрібні народному господарству, а не «штампувати» такі, що потім лежать у патентних фондах «мертвим вантажем».

ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ ТНТТ

Підсумовуючи, перелічимо *основні напрямки* подальшого розвитку ТНТТ.

По-перше, це **вдосконалення** інструментарію творчості, який було створено нами раніше:

1) доопрацювання і апробація ЕА пошуку задач і відбору з них проблемних, які потрібно вирішувати для реалізації інноваційного запиту;

2) подальша апробація ЕА коректного формулювання проблемної задачі на різних прикладах та відповідні уточнення цього ЕА;

3) розробка ЕА та ЕПр МСС: передусім, блочно-лабіринтного методу та методу багатократного послідовного класифікування (див. [9–11]);

4) розробка гібридних методів МСС: методів, що спираються не тільки на морфологічний, а й на трансформаційний механізм вирішення проблемної задачі.

По-друге, **доповнення** евристичного інструментарію творчості, який базується на технологічному підході до процесу вирішення проблемної задачі, психоевристичним інструментарієм, що повинен базуватися на результатах досліджень в психології, в нейропсихології та в інших нейронауках.

По-третє, максимально можливе **зниження** «питомої ваги» інтуїтивної складової процесу творчості, яке припустиме лише за умови *об'єднання зусиль* технологів творчості та спеціалістів з нейрознавства та інших фахівців, які вивчають мислення в процесі творчості в різних аспектах. Розширення та поглиблення наших уявлень про творчість, як технологічний, отже, цілеспрямований процес отримання шуканого рішення проблемної задачі, допоможе

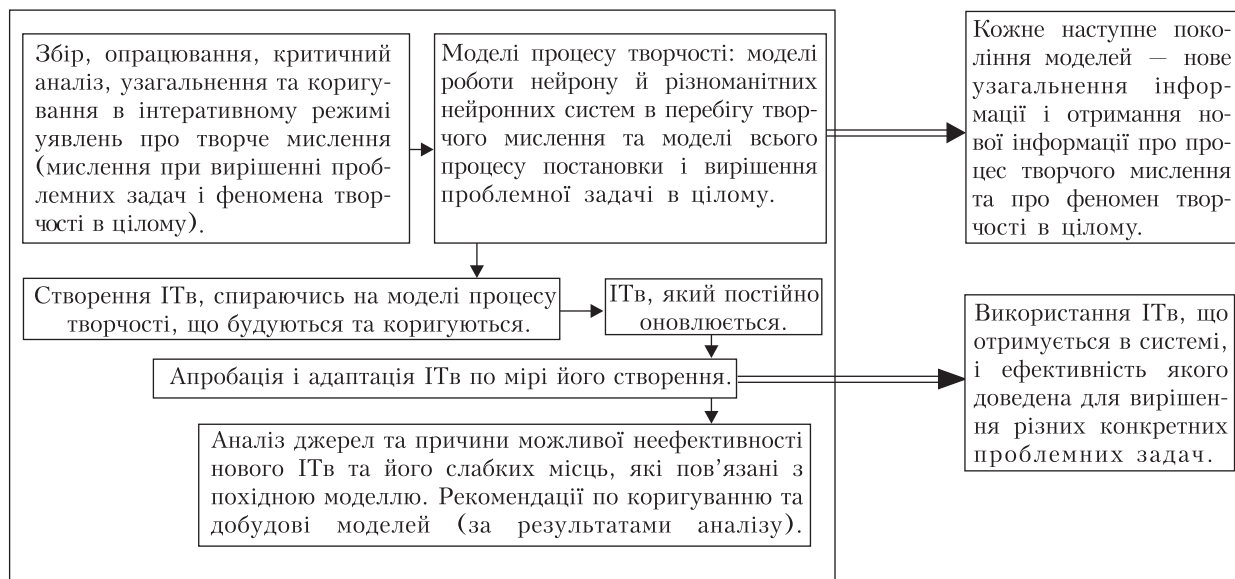


Рис.4. Структура циклічної системи „Моделювання творчого мислення та всього процесу постановки й вирішення проблемних задач в цілому ↔ Розробка інструментарію творчості, який адекватний цим моделям”.

вдосконаленню інструментарію творчості. Починати треба з побудови суто гіпотетичних моделей мислення в процесі вирішення проблемної задачі, а потім на базі цих моделей розробляти більш ефективний інструментарій творчості. Потім цей інструментарій треба апробувати на різноманітних технічних і наукових задачах, що дасть змогу виявити його «працездатність» або недоліки, та навіть «недієздатність» і відкоригувати моделі, спираючись на які побудовано цей ІТв. Відкориговані в такій циклічній процедурі моделі мають забезпечити подальше вдосконалення інструментарію творчості, з одного боку, та поглиблення наших уявлень про мислення в процесі творчості, з другого. Мова, таким чином, іде про циклічну (ітеративну) процедуру «Моделювання процесу творчого мислення при вирішенні проблемних задач «розробка ефективного інструментарію творчості», яка схематично зображена на рисунку 4.

І, нарешті, **по-четверте**, вдосконалення інструментарію творчості доцільно доповню-

вати автоматизацією всіх етапів життєвого циклу проблемної задачі. Це дозволить розв'язувати найширше коло актуальних для народного господарства проблемних задач — технічних і наукових. Накопичений при цьому досвід суттєво сприятиме вдосконаленню інструментарію творчості, у тому числі й спеціалізованого — для отримання піонерних рішень, технічних зокрема.

Всі ці напрямки розвитку ТНТТ, а також все те, що вже зроблено нами, знайшли відображення в таблиці 1.

На завершення зупинимося на можливостях використання нової науки задля подальшого розвитку суспільства в цілому.

Останнім часом широко обговорюється проблема побудови так званого «знання-орієнтованого суспільства», яке повинно прийти на зміну сучасному інформаційному суспільству²³. Цій проблемі була, наприклад, присвячена XXXII сесія Генеральної конференції ЮНЕСКО.

²³ Можна сказати «комп'ютерно-орієнтованому суспільству».

Формування й розвиток знання-орієнтованого суспільства неможливі без створення для цього таких умов:

1. Освіти високого рівня, що орієнтована на підготовку майбутніх дослідників (у фундаментальних науках передусім!) та винахідників, які працюють на виконання чітко сформульованих соціальних замовлень. Така освіта має стати одним із найпрестижніших пріоритетів суспільства.

2. Належної оцінки та всілякого стимулювання творчої праці в науці, техніці та інших царинах діяльності людини.

Однак, «знання-орієнтоване суспільство», в принципі, не може впоратися з тими надскладними проблемами, які висуває перед суспільством зростання людства, економічні та екологічні проблеми, проблема виходу Людини за межі сонячної системи задля збереження людства в майбутньому, коли Земля стане непридатною для життя, а також інші надскладні проблеми. Справа полягає в тому, що знання-орієнтоване суспільство будується на знання-орієнтованих технологіях, які призначаються для пошуку, впорядкування (організації), накопиченню (в тому числі «складуванню» в пам'яті комп'ютерів) та засвоєнню людьми всіх цих знань. Але, як відомо, величезні обсяги знань не використовуються: іноді легше провести нове дослідження, аніж знайти отриманий раніше науковий результат, або ТР. Вище вже йшла мова про те, що нагальна більшість винаходів залишається незатребуваною. На жаль, в знання-орієнтованому суспільстві взагалі неможливо розраховувати на докорінну зміну цього становища. Спостерігається й інша негативна тенденція: безперервна диференціація науки та дедалі вужча спеціалізація. Ерудитів стає все менше, а надто вузьких спеціалістів — все більше.

Донедавна не було інструментарію переробки інформації з отриманням нової, в тому числі — принципово нового знання,

користувалися методом спроб і похибок, покладаючи надії лише на інтуїцію творчої особистості. На фоні сучасного нетворчого навчання в школах і вищих учбових закладах, орієнтованого на ще одне «складування» знань — в головах учнів, студентів, аспірантів — надії на продуктивну творчу працю просто марні.

Ця стаття присвячена побудові ТНТТ — високоінтелектуальній інформаційній технології, але її створення — це не стільки проблема сучасного інформаційного суспільства, скільки — розвитку суспільства взагалі.

На жаль, навіть той ІТв, який вже створено, не знайшов ще широкого застосування. Більш того, широка наукова громадськість взагалі не знайома з технологією наукової й технічної творчості. В цій роботі викладені основні положення технології творчості, і це лише перший крок в напрямку ознайомлення наукового загалу з ТНТТ.

З іншого боку, саме виникнення ТНТТ є **провісником** трансформації сучасного інформаційного суспільства не в знання-орієнтоване, а у **творчо орієнтоване суспільство**, де знання-орієнтовані технології будуть лише допоміжним інструментарієм.

Суспільству необхідна інтенсифікація процесу вирішення проблемних задач — наукових, технічних, соціально-економічних — комплексу задач, які в цілому визначають стратегію розвитку суспільства в цілому. Суспільству необхідний й інструментарій підвищення творчого потенціалу значної його частини, а не лише дослідників та винахідників.

Навчання творчості — насамперед постановці та вирішенню проблемних задач — має стати основним підґрунтям освіти на всіх її рівнях, а інструментарій творчості — основним інструментарієм вирішення наукових проблем і проблемних задач та цілеспрямованого винахідництва.

1. *Одрин В.М., Картавов С.С.* Некоторые итоги и перспективы развития морфологического анализа систем. — Киев, 1973. — 83 с. — (Препринт/АН УССР, Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова: 73—62).
2. *Одрин В.М., Картавов С.С.* Морфологический анализ систем. Построение морфологических таблиц. — Киев: Наук. думка, 1977. — 148 с.
3. *Одрин В.М.* Метод морфологического анализа технических систем. — М.: Изд. ВНИИПИ, 1989. — 314 с.
4. *Odrin V.M.* Technology of scientific and technical creation — Kiev: V. M. Glushkov Institute of Cybernetics. 1996. — 18 p.
5. *Одрин В.М.* Морфологические методы решения проблемных задач как раздел технологии технического творчества. I. Постановка вопроса. // УСиМ, — 1997. — № 4/5. — С. 48—58.
6. *Одрин В.М.* Морфологические методы решения проблемных задач как раздел технологии научного и технического творчества. II. Морфологический анализ: первая подпроцедура процедуры анализа // УСиМ. — 1998, № 2. — С.16 — 34.
7. *Одрин В.М.* Морфологические методы решения проблемных задач как раздел технологии научного и технического творчества. III. Морфологический анализ: вторая подпроцедура процедуры анализа // УСиМ. — 1998, № 4. — С. 21 — 31.
8. *Одрин В.М., Шередеко Ю.Л.* Морфологические методы решения проблемных задач как раздел технологии научного и технического творчества. IV. Получение структурированного набора классификационных признаков // УСиМ. — 1999, № 1. — С. 65—78.
9. *Одрин В.М.* Морфологические методы решения проблемных задач как раздел технологии научного и технического творчества. V. Морфологический синтез: суть, назначение, классификация и общая характеристика методов. // УСиМ. — 2003. — № 5, — С. 5—17.
10. *Одрин В.М.* Морфологический синтез систем: постановка задачи, классификация, морфологические методы конструирования. — Киев, 1986. — 36 с. — (Препринт / АН УССР, Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова: 86—3).
11. *Одрин В.М.* Морфологический синтез систем: морфологические методы поиска. Киев, 1986. — 40 с. — (Препринт/АН УССР, Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова: 86—5).

12. *Одрин В.М.* Морфологический синтез систем: автоматизация морфологического поиска — Киев, 1992. — 24 с. — (Препринт / АН УССР, Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова: 92—1).

В. Одрин

ТЕХНОЛОГІЯ НАУКОВОЇ І ТЕХНІЧНОЇ ТВОРЧОСТІ: НОВА НАУКА ТА ВИСОКОІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ІНФОРМАЦІЙНА МЕТАТЕХНОЛОГІЯ

Резюме

Стаття присвячена становленню й розвитку нової науки, що є одночасно й високоінтелектуальною інформаційною метатеchnологією. Це технологія наукової і технічної творчості, ідею створення якої автор запропонував у 1981 р. Вона покликана суттєво інтенсифікувати процес постановки та вирішення наукових і технічних проблемних задач. Розглянуто також технологічний підхід до вирішення цих задач і **методологічну базу** нової науки. Крім того, викладено обидва можливих механізми і, відповідно, два класи методів вирішення проблемних задач: *трансформаційний* та *морфологічний*. Описано сутність і можливість застосування морфологічного аналізу й синтезу для вирішення будь-яких проблемних задач. Стисло розглянуто основні напрямки розвитку нової науки та її безпосередній зв'язок з творчо орієнтованим суспільством.

V. Odrin

THE TECHNOLOGY OF SCIENTIFIC AND TECHNICAL CREATIVE WORK: A NEW SCIENCE AND A HIGHLY INTELLIGENT INFORMATIONAL METATECHNOLOGY

S u m m a r y

This article is devoted to formation and development of the new science that is a new highly intellectual metatechnology. This is a technology of scientific and technical creation which idea was proposed by the author in 1981. It is intended to essential intensify the process of scientific and technical problem task setting and solving. The technological approach to problem task solving and the methodological basis of the new science are considered. Besides two possible mechanisms of problem task solving are presented as well as two solving methods: morphological and transformational. The essence and possibility of morphological analysis and synthesis application are described for any to problem task solving. The main directions of the new science development and its direct connection with creative-oriented society are briefly presented.