

УДК 007:004.89

doi: 10.32620/reks.2019.2.02

С. І. ДОЦЕНКО

Український державний університет залізничного транспорту, Україна

ПРИНЦИП ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ САМООРГАНІЗАЦІЇ ДІЯЛЬНОСТІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ

У класичній кібернетичній сформовано п'ять принципів самоорганізації кібернетичних систем у формі двох гіпотез Н. Вінера та трьох гіпотез У. Р. Ешбі. Основну увагу при розвитку теорії функціональної системи приділено її аналізу як цілісної одиниці, та формуванню на її основі теорії інтелектуальних систем. В той же час поза увагою залишилося дослідження принципу дії механізму забезпечення відповідності отриманого результату та встановленого для нього проекту. Механізм забезпечення відповідності, який сформовано у складі функціональної системи, реалізується на основі принципу самоорганізації діяльності функціональної системи на етапі реалізації проекту майбутнього результату за рахунок подвійного послідовного зворотного зв'язку через механізм «Акцептору результатів дії». На основі цього принципу можливо сформулювати закон самоорганізації інтелектуальної системи у наступній формі. Для функціональної самоорганізації інтелектуальної системи на основі механізму забезпечення відповідності отриманого результату діяльності та його проекту, у контур зворотного зв'язку необхідно включати «Акцептор результату дії» для співставлення результату дії, проекту майбутнього результату дії та команди на управління. Сформовані в класичній кібернетичній теорії самоорганізації виявилися за змістом елементами з'ясованого єдиного принципу самоорганізації діяльності функціональних систем. В даній роботі здійснено саме усвідомлення смислу знань про існуючі у теорії функціональних систем та теорії діалогових систем управління два послідовних контури зворотного зв'язку та механізм їх поєднання через «Акцептор результатів дії». Саме завдяки цим контурам реалізується принцип самоорганізації діяльності, який так завзято шукали засновники класичної кібернетики і від якого відмовилися у технічній кібернетичній. Задача ж формування цілі діяльності може бути вирішеною шляхом пізнання механізму формування проекту майбутнього результату на основі евристичної самоорганізації для фізіологічних та кібернетичних систем. Вирішення цієї задачі забезпечить формування «розумних речей» в Індустрії 5.0. Адже «розумні речі» повинні бути «інтелектуальними».

Ключові слова: самоорганізація; кібернетика; принципи; закони самоорганізації.

Вступ

У статті [1] нами встановлено принцип організації інтелектуальних систем, як діалектично організованих цілих в «існуванні», у формі діалектичної єдності «загальне» \supset «одиничне» для результатів вирішення задач відповідними частинами. Наступна задача, яка потребує свого вирішення полягає у формуванні принципу самоорганізації діяльності інтелектуальних систем, який є основою формування механізму забезпечення відповідності між результатами вирішення задач в частинах інтелектуальної системи, як діалектично організованого цілого.

Традиційно, в методології системного підходу, передбачається формування архітектури функціонального представлення системи з послідовним встановленням зв'язків між функціями та встановленням функціонального зв'язку між входом та виходом системи.

В методології цілісного підходу для інтелектуальних систем, як діалектично організованих цілих,

передбачається дослідження методів вирішення задач у відповідних частинах (задачний підхід). При цьому, також виникає додаткова задача забезпечення відповідності результатів вирішення задач частинами інтелектуальної системи. Ця задача повинна вирішуватися за допомогою додаткового механізму забезпечення відповідності [2]. У якості еталонної моделі для аналізу механізму забезпечення відповідності в архітектурі функціонального представлення інтелектуальної системи пропонується застосувати модель архітектоники функціональної системи згідно П. К. Анохіну.

Мета дослідження. Метою дослідження є визначення фундаментального принципу самоорганізації діяльності для інтелектуальних систем.

1. Принципи самоорганізації діяльності систем в класичній кібернетичній

Згідно [2] к класичній кібернетичній встановлено наступні принципи самоорганізації систем:

«Самоорганізація систем, в яких виділено дві частини, а саме: система управління та об'єкт управління реалізуються на основі:

– принципу самоорганізації діяльності фізіологічних систем і кібернетичних машин шляхом передачі інформації у формі закону управління на основі зворотного зв'язку (1-ша гіпотеза Н. Вінера для самоорганізації діяльності);

– принципу самоорганізації діяльності у формі цілеспрямованої поведінки інформаційної машини (автомату) на основі навчання навмання обраного для неї нецілеспрямованого механізму без окремого формування попередньої цілі діяльності за її межами (2-га гіпотеза Н. Вінера для самоорганізації діяльності);

– принципу самоорганізації діяльності фізіологічних систем за рахунок зміни знаку зворотного зв'язку (1-ша гіпотеза У. Р. Ешбі стосовно самоорганізації діяльності фізіологічних систем);

– положення про неможливість самоорганізації кібернетичних машин за рахунок зміни знаку зворотного зв'язку (2-га гіпотеза У. Р. Ешбі стосовно самоорганізації діяльності фізіологічних систем).

– принципу самоорганізації діяльності для фізіологічних систем і кібернетичних машин на етапі реалізації цілі діяльності на основі «передачі принаймні рівної кількості інформації» (3-тя гіпотеза У. Р. Ешбі стосовно самоорганізації діяльності фізіологічних систем).»

Перша задача дослідження полягає у необхідності встановлення змісту принципу самоорганізації діяльності функціональної системи і формуванні його у формі закону самоорганізації.

Друга задача дослідження полягає у з'ясуванні відповідності принципів самоорганізації діяльності кібернетичних систем принципу самоорганізації, який реалізовано в діяльності функціональної системи.

2. Основні положення теорії функціональних систем

На рисунку 1 наведено архітектуру функціональної системи з поділом її на дві частини згідно [3]. Ключовою проблемою, яка досліджена в цій теорії є проблема визначення організуючого фактору у визначенні самого поняття «система».

В [1] нами показано, що системоформуючий фактор у формі проекту майбутнього результату насправді є *системореалізуючим* фактором, тому, що він забезпечує реалізацію діяльності *вже сформованої, існуючої* системи.

В [4, с. 33] показано, чому результат діяльності системи є центральним внутрішнім самоорганізаційним фактором: «результат має імперативні можливості реорганізувати розподіл збуджень у системі у відповідному напрямку». Результат може *реорганізувати* розподіл збуджень у системі у відповідному напрямку» для забезпечення досягнення спланованого результату. Це можливо завдяки наявності в системі зворотного зв'язку чи зворотної аферентації, завдяки якій система одержує інформацію про кінцевий результат. Самоорганізація діяльності пов'язана з взаємним *сприянням* компонентів системи самоорганізації їх взаємодії та взаємовідносин для одержання *сформованого (сфокусованого)* результату [4].

Функціональна система весь час самоорганізує свою діяльність з існуючих компонентів. Тому вона й організована.

Формування та діяльність функціональних систем підпорядковується відповідним законам, а саме: «...ясно, що на перший план у формуванні істинно систем виступає закон результату і закон динамічної мобілізацийності структур, які забезпечують швидке формування системи й одержання даного результату» [4, с. 33].

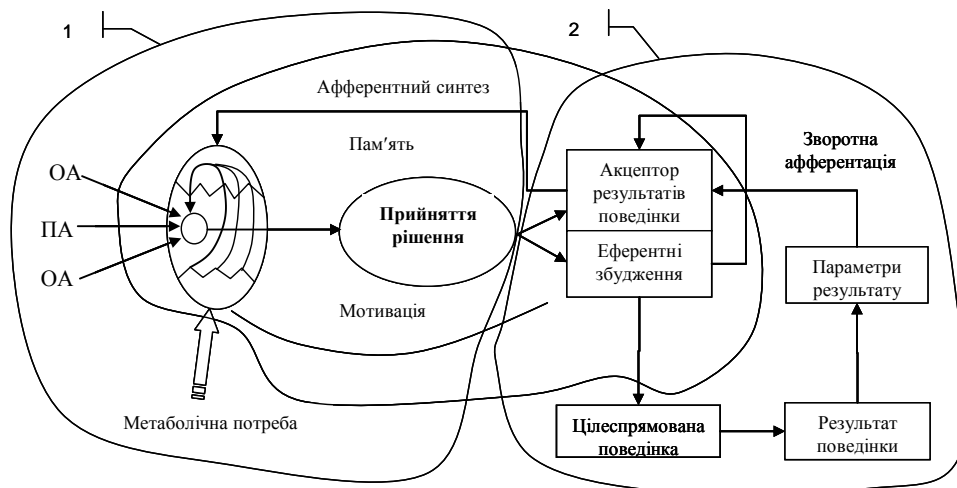


Рис. 1. Архітектура функціональної системи з поділом її на дві частини

У теорії функціональних систем було висловлено пропозицію розглядати її діяльність у формі одиниці діяльності [5, с. 113]:

«Таку функціональну єдність в силу її системного характеру було названо нами функціональною системою. Вона являє собою закінчену одиницю діяльності будь-якого живого організму і складається з цілого ряду вузлових механізмів, що забезпечують логічне та фізіологічне формування поведінкового акту.»

Подальший розвиток теорії функціональних систем відбувався саме у напрямку розгляду окремих циклів (одиниць) її діяльності за методологією системного *квантування* [6] та представлення функціональної системи у формі радикалу [7]. В цих підходах до представлення функціональної системи у формі циклів (одиниць) їх діяльності не передбачається поділ циклу (одиниці) на дві складові частини. Під квантуванням розуміють встановлені в теорії функціональних систем вузлові механізми: аферентний синтез, ухвалення рішення, передбачення потрібного результату – акцептор результату дії, еферентний синтез і його оцінку акцептором результату дії, тобто, перелік функцій, які реалізуються в системі [6].

З наведеного слідує, що розвиток основних положень теорії функціональних систем здійснюється у напрямку дослідження *цілісної одиниці* діяльності у формі *системокванту*, а також у формі *радикалу*. При цьому, процес мислення реалізується у формі *аферентного синтезу* потрібного проекту результату на основі центральної закономірності інтегративної діяльності мозку [4].

Слід відзначити, що в технічній кібернетиці результати теорії функціональних систем, а отже й проблема самоорганізації діяльності у формі одиниці діяльності не розглядалися. В Енциклопедії кібернетики [8] відсутні статті під заголовками «Організація кібернетичних систем» та «Самоорганізація кібернетичних систем».

Слід також відзначити, що результати теорії функціональних систем не розглядаються й не застосовуються в теорії діяльності. При цьому, в ній були поставлені ті ж самі проблеми що й в теорії функціональних систем. Г. П. Щедровицький наступним чином характеризував ці проблеми [9]:

«Ми не тільки не знаємо, що таке діяльність, але також не знаємо, як це дізнатися. Справа тут не в тому, що ми не застосували якусь суму операцій, вже відомих нам, не вклали деяку працю і не з'ясували, що це таке. Справа в тому, що у нас, мабуть, немає необхідних засобів і процедур, немає того апарату понять і методів аналізу, за допомогою якого це можна було б з'ясувати... Наша дослідницька робота повинна давати два різні продукти: з одного

боку, повинні вироблятися знання про діяльність, а з іншого боку, і це, по суті справи, є умовою і передумовою всієї роботи, повинні вироблятися певні засоби і методи. У міру того, наскільки ми зуміємо розробити ці нові засоби і методи, ми отримаємо якісь знання про діяльність.»

Системна методологія, яку П. К. Анохін визнавав у якості «ключа» для пізнання діяльності функціональної системи Г. П. Щедровицьким взагалі не розглядається.

Інша проблема, яку розглядає Г. П. Щедровицький, це проблема одиниці діяльності [8]:

«Отже, коли говорять, що діяльність є процес, то це означає віру в можливість виділити такі «шматочки» - маленькі процеси або операції, які, з'єднавшись один з одним в лінійну послідовність або в розгалужені ланцюги, дадуть нам в результаті діяльність.

Перше, з чим стикається тут дослідник, - це те, що нікому не вдалося виділити таких «шматочків», або операцій. Тут потрібно назвати дві основні причини невдач.

Перша пов'язана з розходженням процесу і результату діяльності

Друге утруднення. Незрозуміло, хто і що є носієм діяльності

Коротше кажучи, кожного разу ми встаємо тут перед двома питаннями: 1) до якому матеріалу потрібно прив'язувати те, що ми називаємо людською діяльністю, і 2) якими одиницями ми можемо при цьому обмежуватися?»

Ці питання були поставлені Г. П. Щедровицьким в 1966 році, коли вже були відомі основні положення теорії функціональних систем. Пропозиція розглядати функціональну систему як одиницю діяльності була висловлена П. К. Анохіним у 1973 році [5, с. 113].

Основну увагу при розвитку теорії функціональної системи приділено її аналізу як цілісної одиниці [6], та формуванні на її основі теорій інтелектуальних систем [7, 10]. В той же час поза увагою залишилося дослідження принципу дії механізму забезпечення відповідності отриманого результату та встановленого для нього проекту. Тому постає задача дослідження цього принципу.

3. Дослідження принципу дії механізму забезпечення відповідності отриманого результату та його проекту у діяльності функціональної системи

Для дослідження принципу відношень між частинами функціональної системи, як діалектично організованого цілого, необхідно залучити відомий у діалектичній логіці принцип діалектичних відносин «загальне» \supset «одиничне».

Для цього інтелектуальну систему поділено на дві частини, які вирішують відповідні задачі (див. рис. 1), а саме: організуючу та реалізуючу частини. При цьому, ці частини поєднані механізмом забезпечення відповідності результатів вирішення відповідних задач.

Формування моделі цілісної діяльності у формі діалектичної єдності двох завдань дозволяє поновому подивитися на архітектуру функціональної системи, яка запропонована академіком П.К. Анохіним (див. рис. 1). Варіант такого підходу до представлення архітектури функціональної системи представлено на рис. 2. В цій архітектурі виділено елементи «Рішення про дію», «Управління», «Акцептор результатів дії», «Зворотний зв'язок I» та «Зворотний зв'язок II». Ці елементи архітектури функціональної системи формують *Механізм забезпечення відповідності* отриманого результату дії та відповідного йому проекту. Центральним елементом цього механізму є «Акцептор результатів дії». Зрозуміло, що цей механізм самоорганізації діє після того як буде сформовано Проект майбутнього результату. Виникає питання, як саме здійснюється формування цього проекту результату?

В теорії функціональних систем запропоновано розглядати цю діяльність у формі центральної закономірності інтегративної діяльності мозку. Але на основі якого принципу здійснюється *самоорганізація* тепер вже діяльності мозку при формуванні проекту майбутнього результату? Адже ця діяльність також *самоорганізована*?

Дослідженню цього принципу буде присвячена наступна стаття.

З наведеного слідує, що насправді, проблема самоорганізації діяльності функціональної системи, а отже й самоорганізації інтелектуальних систем, які

засновано на цій теорії, має більш глибокий зміст ніж це передбачалося у класичній кібернетичній.

Для розкриття змісту принципу самоорганізації функціональної системи дослідимо модель реалізації діяльності функціональної системи згідно рис. 2.

Для порівняння на рис. 3 представлено блок-схему циклу управління операцією згідно [11, с. 93, рис. 3.1], а також блок-схему управління технічними системами чи технічними об'єктами (рис. 4) [11, с. 112, рис. 3.4].

У блок-схемі управління операцією (рис. 3) самоорганізація діяльності системи забезпечується двома паралельними контурами зворотного зв'язку. Перший контур зворотного зв'язку забезпечує вплив оцінки результату (блок 8) на формування цілі (блок 2). Другий контур зворотного зв'язку забезпечує формування рекомендацій на майбутнє (блок 9) для керівництва операцією. Фактично реалізація заходів операції забезпечується першим контуром зворотного зв'язку. Другий контур забезпечує збагачення досвіду керівництва, який може бути використаний при формуванні майбутніх цілей, а також враховується при постановці цілі діяльності.

У блок-схемі управління технічними системами чи технічними об'єктами (рис. 4) джерело цілі (Формувальник цілі) знаходиться в навколишньому середовищі і його діяльність по формуванню управляючої впливу не розглядається. В даній схемі самоорганізація діяльності системи забезпечується одним контуром зворотного зв'язку від блоку 5 до блоку 3. Співставлення отриманого результату «Представлення (діагноз)» (блок 5) з «Ціллю Планом» (блок 1) у блоці 2 «Рішення» забезпечує досягнення цілі (реалізації плану) на основі закону управління за від'ємним зворотним зв'язком.



Рис. 2. Модель реалізації діяльності функціональної системи:

П – пам'ять; МП – метаболічна потреба; ОА – обстановочна аферентія; ПА – пускова аферентія

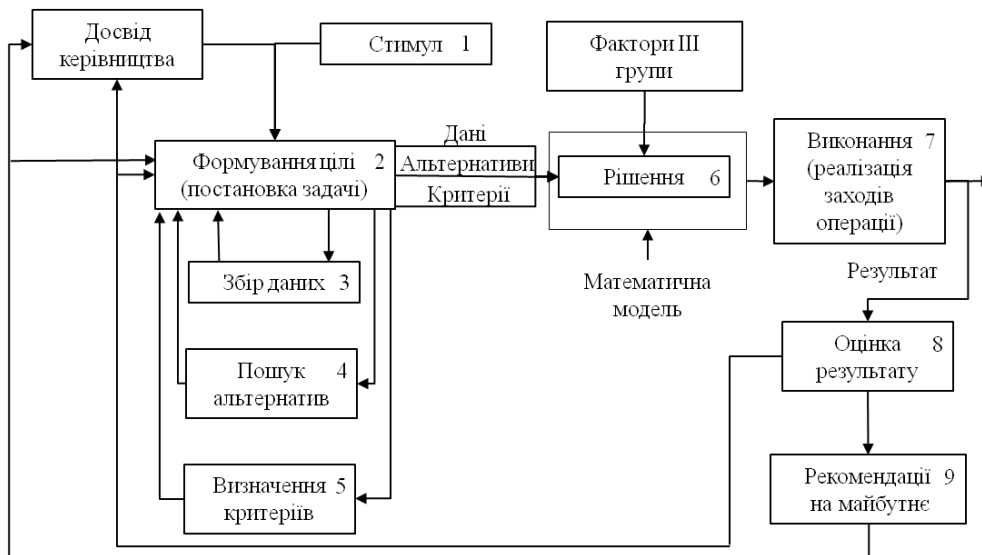


Рис. 3. Блок-схема циклу управління операцією

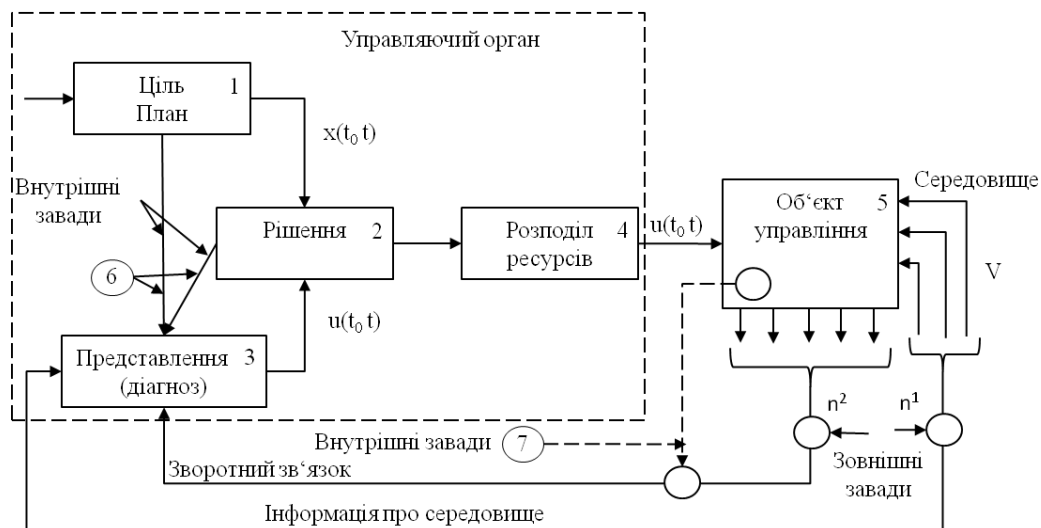


Рис. 4. Блок-схема управління технічними системами чи технічними об'єктами

У функціональній системі (див. рис. 2) зіставлення проекту майбутнього результату (Y форми «Рішення про досягнення»), а також управляючої дії у формі «Управління» з отриманим результатом здійснюється у «Акцепторі результатів дії» через «Зворотний зв'язок I».

П. К. Анохін наступним чином характеризував «Акцептор результатів дії» [4, с. 53]:

«Акцептор результатів дії є дуже складним апаратом. По суті справи він повинен сформувати якісь тонкі нервові механізми, що дозволяють не тільки прогнозувати ознаки необхідного в даний момент результату, але і звернути їх з параметрами реального результату, інформація про які приходить до акцептора результатів дії завдяки зворотній аферентації. Саме цей апарат дає єдину можливість організму виправити помилку поведінки, довести недосконалі поведінкові акти до завершених.

Тут слід також підкреслити, що різного роду «пошуки» та компенсації також можуть повести до корисного результату через такого роду оцінку зворотної аферентації.

Циркуляторний розвиток цих збуджень при «розпізнаванні» і «пошуку» може бути настільки швидким, що кожен блок цієї функції, що складається з компонентів: результат; зворотна аферентація; звернення й оцінка реальних результатів в акцепторі результатів дії; корекція; новий результат і т.д., може розвинути буквально в частки секунди. Особливо швидко цей процес протікає в умовах «сканування» і «слідкування».

Згідно цього опису механізму забезпечення відповідності стає зрозумілим, що першого каналу зворотного зв'язку (Зворотний зв'язок I) не достатньо для забезпечення відповідності отриманого результату та його проекту. Виникає потреба в ко-

реакції саме проекту результату шляхом «пошуку» та компенсації невідповідності проекту результату та отриманого результату. Корекція реалізується через додатковий «Зворотний зв'язок II», який вносить корекцію саме у проект майбутнього результату. З цього слідує досить неочікуваний результат. Забезпечення відповідності отриманого результату та його проекту можливе для функціональної системи, як діалектично організованого цілого, лише при реалізації в складі механізму забезпечення відповідності двох послідовних зворотних зв'язків, а не одного.

При цьому, знак зворотного зв'язку не змінюється. Змінюються параметри проекту результату.

Таким чином, принципом самоорганізації діалектично організованих цілих у формі функціональної системи та інтелектуальних систем заснованих на цій теорії є принцип подвійного послідовного зворотного зв'язку через «Апарат акцептору результатів дії» і реалізується на основі механізму забезпечення відповідності отриманого результату та встановленого проекту.

З наведеного слідує, що принципова відмінність системи управління операцією (рис. 3) полягає саме у відсутності блоку «Акцептор результатів дії», який призначений для встановлення відповідності сформованого проекту майбутнього результату та отриманого результату, а отже й формування сигналу у додатковому контурі зворотного зв'язку «Зворотний зв'язок II». Невідповідність проекту майбутнього результату та отриманого результату забезпечує формування додаткової ланки зворотного зв'язку, яка забезпечує корекцію проекту майбутнього результату і формування з корегованої управляючої дії.

Саме наявність двох послідовних контурів зворотного зв'язку забезпечує функціональній системі досягнення проекту майбутнього результату. Саме в цьому полягає сутність самоорганізації функціональної системи на етапі реалізації сформованого проекту майбутнього результату.

Аналогічний висновок щодо невідповідності принципу самоорганізації діяльності слідує з аналізу блок-схеми управління технічними системами чи технічними об'єктами (див. рис. 4).

Отже, класичне управління згідно теорії автоматичного управління (див. рис. 3, 4) на основі закону негативного зворотного зв'язку є лише частиною більш складного механізму забезпечення відповідності отриманого результату та його проекту (див. рис. 2).

Стає зрозумілим смисл принципу самоорганізації на основі зміни знаку зворотного зв'язку, який був запропонований У. Р. Ешбі. Розуміючи необхідність корекції управляючої дії для забезпечення

відповідності отриманого результату і його проекту і не маючи уяви про «Механізм акцептору результатів дії» виникла ідея про механізм зміни знаку зворотного зв'язку. Насправді, коригується проект майбутнього результату, варіанти якого формуються на стадії аферентного синтезу, а параметри якого остаточно приймаються до виконання у блоці «Рішення про досягнення» і визначають зміну параметрів управляючої дії, які і реалізується у блоці «Команда на виконання» [5, с. 256].

Акцептор результатів дії не є суматором, як це передбачено у класичній системі управління!

Стосовно етапу аферентного синтезу П. К. Анохін зауважує [4, с. 51]:

«...оцінка можливих результатів при даній домінуючій мотивації відбувається вже в стадії аферентного синтезу. ... Те ж, що відбувається в «прийнятті рішення», є вже результатом вибору на основі тривалої оцінки різних, внутрішніх (!) результатів, що формуються. Інакше кажучи, будь-яке ухвалення рішення, після того як закінчиться аферентний синтез, є вибором найбільш придатних ступенів волі в тих компонентах, що повинні скласти робочу частину системи. У свою чергу ці ступені волі, що залишилися, дають можливість ощадливо здійснити саме ту дію, що повинна привести до запрограмованого результату.»

З наведеного слідує висновок про те, що для створення машин, яким притаманне «життя» та «розум» необхідно у системі мати подвійний зворотний зв'язок у складі механізму забезпечення відповідності отриманого результату та його проекту. А також, як було вказано вище, діяльність з формування проекту майбутнього результату підпорядковується принципу самоорганізації діяльності головного мозку на основі центральної закономірності його інтегративної діяльності. Загалом для створення машин, яким притаманне «життя» та «розум» необхідно мати два механізми забезпечення самоорганізації.

Слід відзначити, що в схемі інтелектуальної системи, яка запропонована проф. К. О. Пупковим ([7] див. рис. 3), процес формування проекту майбутнього результату реалізується в експертній системі на основі сформованої цілі. В функціональній системі (див. рис. 2) формування цілі є складовою частиною формування проекту майбутнього результату (Аферентний синтез) й окремо не розглядається. Це принципова відмінність. Поділ цього процесу порушує логіку самоорганізації діяльності мозку при формуванні проекту майбутнього результату та його можливої наступної корекції, адже цей процес реалізується на основі центральної закономірності інтегративної діяльності мозку [5, с. 296].

Слід також зауважити, що на цей час існує клас

автоматизованих систем управління у формі *діалогових систем управління виробництвом* для яких функціональна структура рішення системи для кожного з п'яти шарів управління виробництвом має універсальний характер та має три контури зворотного зв'язку (рис. 5).

Функціональна структура рішення системи для кожного з п'яти шарів управління виробництвом, яка зображена на рис. 5, була отримана нами шляхом переформування зі збереженням усіх елементів та зв'язків поміж ними, згідно вихідної функціональної структури рішення системи за [12, с. 54, рис. 1.6]. У цій структурі нами додано елемент «Діяльність підприємства» та зв'язки з елементами, які показано пунктирними лініями.

В [13] нами доведена подібність архітектур функціональної системи та функціональної структури рішення системи. Важливою обставиною є той факт, що у функціональній структурі рішення системи сформовано *три* контури зворотного зв'язку. Контур «Зворотний зв'язок I» є першим традиційним контуром зворотного зв'язку. Контур «Зворотний зв'язок II» є повним аналогом контуру «Зворотного зв'язку II» для моделі реалізації діяльності інтелектуальної системи (див. рис. 2). Тобто, сформовано *два послідовних* контури зворотного зв'язку як і у моделі реалізації діяльності інтелектуальної системи.

Дивно, але в теорії діалогових систем [12] жодним чином не згадується принцип *самоорганізації діяльності*, а фактично він реалізований саме у формі *подвійного послідовного зворотного зв'язку*. При цьому, блок «Визначення економічних показників» відповідає блоку «Акцептор результатів дії». Контур «Зворотний зв'язок III» (див. рис. 5) є додатковим контуром, через який інформація про отриманий результат передається у блок «Аналіз еконо-

мічної ситуації». Він є дублюючим до контуру «Зворотний зв'язок II».

З наведеного у даному розділі слідує, що діяльність *Механізму забезпечення відповідності*, який сформовано у складі функціональної системи, реалізується на основі принципу самоорганізації діяльності функціональної системи на етапі реалізації проекту майбутнього результату за рахунок подвійного послідовного зворотного зв'язку через механізм «Акцептору результатів дії».

На основі цього принципу можливо сформулювати *закон самоорганізації інтелектуальної системи* у наступній формі.

Для *функціональної самоорганізації* інтелектуальної системи через механізм забезпечення відповідності отриманого результату діяльності та його проекту, у контур зворотного зв'язку необхідно включати акцептор результату дії для співставлення результату дії, проекту майбутнього результату дії та команди на управління.

Під функціональною самоорганізацією розуміється те що мова йде про самоорганізацію у формі *функціонального* представлення системи.

4. Аналіз відповідності принципу самоорганізації функціональної системи принципам самоорганізації кібернетичних систем

Згідно [2] для класичної кібернетики встановлено наступні принципи самоорганізації:

– принцип *самоорганізації* діяльності фізіологічних систем і кібернетичних машин шляхом передачі інформації у формі закону управління на основі зворотного зв'язку (1-ша гіпотеза Н. Вінера для *самоорганізації діяльності*);



Рис. 5. Функціональна структура рішення системи для кожного з шарів управління виробництвом

– принцип самоорганізації діяльності у формі *цілеспрямованої поведінки* інформаційної машини (автомату) на основі *навчання* навмання обраного для неї *нецілеспрямованого* механізму без *окремого формування* попередньої цілі діяльності за її межами (2-га гіпотеза Н. Вінера для *самоорганізації діяльності*);

– принцип *самоорганізації діяльності фізіологічних систем* за рахунок зміни знаку зворотного зв'язку (1-ша *гіпотеза* У. Р. Ешбі стосовно *самоорганізації діяльності* фізіологічних систем);

– положення про *неможливість* самоорганізації кібернетичних машин за рахунок зміни знаку зворотного зв'язку (2-га *гіпотеза* У. Р. Ешбі стосовно *самоорганізації діяльності* фізіологічних систем).

– принцип *самоорганізації діяльності* для фізіологічних систем і кібернетичних машин на етапі реалізації цілі діяльності на основі «передачі принаймні рівної кількості інформації» (3-тя *гіпотеза* У. Р. Ешбі стосовно *самоорганізації діяльності* фізіологічних систем).

Принцип самоорганізації діяльності шляхом передачі інформації у формі закону управління на основі зворотного зв'язку описує лише одну (першу) з *двох* послідовних ланок зворотного зв'язку, а саме «Зворотний зв'язок І» в механізмі забезпечення відповідності (рис. 2).

Принцип самоорганізації діяльності у формі *цілеспрямованої поведінки* інформаційної машини (автомату) на основі *навчання* навмання обраного для неї *нецілеспрямованого* механізму без *окремого формування* попередньої цілі діяльності за її межами для інтелектуальних систем, як діалектично організованих цілих, не має теоретичного та практичного значення. Для роботи, як інтелектуальної системи, з цього принципу можливим є застосування пропозиції його *навчання* на етапі підготовки його до «самостійного життя». При цьому, необхідно обрати *саме механізм забезпечення відповідності* для реалізації *цілеспрямованої* діяльності роботу.

Принцип *самоорганізації діяльності фізіологічних систем* за рахунок зміни знаку зворотного зв'язку насправді передбачає наявність механізму забезпечення відповідності з застосуванням «Акцептора результатів дії», який формує другий послідовний контур зворотного зв'язку і в якому реалізується корекція проекту майбутнього результату. При цьому, змінюється не знак сигналу зворотного зв'язку, а змінюються параметри проекту майбутнього результату (його корекція) на основі яких формується сигнал в блоці «Управління» (див. рис. 2). Положення про *неможливість* самоорганізації кібернетичних машин за рахунок зміни знаку зворотного зв'язку, як показано при розгляді другого

принципу самоорганізації є не конструктивним. Принцип *самоорганізації* діяльності для фізіологічних систем і кібернетичних машин на етапі реалізації цілі діяльності на основі «передачі принаймні рівної кількості інформації» відповідає встановленому нами принципу самоорганізації на основі відповідності отриманого результату проекту його майбутнього результату, яка забезпечується механізмом забезпечення відповідності.

Таким чином, сформовані в класичній кібернетичі принципи самоорганізації виявилися за змістом елементами усвідомленого нами єдиного принципу самоорганізації діяльності функціональних систем.

В даній роботі здійснено саме *усвідомлення смислу* знань про існуючі у теорії функціональних систем та теорії діалогових систем управління два послідовних контури зворотного зв'язку та механізм їх поєднання через акцептор результатів дії. Саме завдяки цим контурам реалізується принцип функціональної самоорганізації діяльності, який так завзято шукали засновники класичної кібернетики і від якого відмовилися у технічній кібернетичі [8].

5. Вплив принципу самоорганізації діяльності інтелектуальних систем на розвиток методологічних основ платформ Індустрії 4.0 та Індустрії 5.0

Концепція Платформи Індустрії 4.0 передбачає «цифровізацію» промисловості на основі технології промислового інтернету. Цифровізація на рівні управління технологічними процесами передбачає запровадження SKADA-систем, або ж по іншому, систем автоматизованого управління технологічними процесами (САУ ТП). Але ж для систем управління виробництвом характерною є їх ієрархічність, як у формі ієрархії цілей [10], так і у формі ієрархії задач управління [12].

При цьому в методології Індустрії 3.0 ставилася задача управління виробництвом у формі системи автоматизованого управління виробництвом (САУ П) [10, 12]. Для цієї системи задачі управління на найвищому рівні управління (рівень керівництва) ставилися, але не були вирішені. Це стосується не лише розробок САУ П, які були виконані у колишньому СРСР, але й у країнах Європейського Союзу та США [12, с. 107-108, табл. 2.1]. Нажаль, в методології Індустрії 4.0 ця задача навіть не ставиться.

З іншого боку, саме діяльність вищого керівництва повинна забезпечити формування *цілі діяльності та формування проекту майбутнього результату*.

Задача ж формування цілі діяльності може бути вирішеною шляхом *пізнання* механізму *формування*

проекту майбутнього результату на основі евристичної самоорганізації для фізіологічних та кібернетичних систем.

Вирішення цієї задачі забезпечить формування «розумних речей» в Індустрії 5.0. Адже «розумні речі» повинні бути «інтелектуальними», що згідно [14] передбачає: «... не рішення задачі, а постановку задачі, не досягнення, а висування цілі, не доказ, а формулювання теореми, <що> є критерієм «інтелектуальності», особливою якістю людської психіки, яка відрізняє її і від психіки тварин і від (можливостей) ЕОМ.»

З наведеного слідує необхідність аналізу методологічних основ Індустрії 3.0. Адже розуміння проблем, які не вирішено у цій методології забезпечить розвиток методологічних основ Індустрії 4.0 та Індустрії 5.0.

Даний розділ додано впродовж обговорення матеріалів статті з урахуванням напрямів розвитку Харківського регіонального центру Індустрія 4.0, який було створено на базі Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «ХАІ».

Заключення

1. У класичній кібернетичній сформовано п'ять принципів самоорганізації кібернетичних систем у формі двох гіпотез Н. Вінера та трьох гіпотез У. Р. Ешбі.

2. Основну увагу при розвитку теорії функціональної системи приділено її аналізу як цілісної одиниці, та формуванні на її основі теорій інтелектуальних систем. В той же час поза увагою залишилося дослідження принципу дії механізму забезпечення відповідності отриманого результату та встановленого для нього проекту.

3. Механізм забезпечення відповідності, який сформовано у складі функціональної системи, реалізується на основі принципу самоорганізації діяльності функціональної системи на етапі реалізації проекту майбутнього результату за рахунок подвійного послідовного зворотного зв'язку через механізм «Акцептору результатів дії». На основі цього принципу можливо сформулювати закон самоорганізації інтелектуальної системи у наступній формі. Для функціональної самоорганізації інтелектуальної системи на основі механізму забезпечення відповідності отриманого результату діяльності та його проекту, у контур зворотного зв'язку необхідно включати «Акцептор результату дії» для співставлення результату дії, проекту майбутнього результату дії та команди на управління.

4. Під функціональною самоорганізацією розуміється те, що мова йде про самоорганізацію у формі функціонального представлення системи.

5. Сформовані в класичній кібернетичній принципі самоорганізації виявилися за змістом елементами з'ясованого єдиного принципу самоорганізації діяльності функціональних систем.

В даній роботі здійснено саме усвідомлення смислу знань про існуючі у теорії функціональних систем та теорії діалогових систем управління два послідовних контури зворотного зв'язку та механізм їх поєднання через акцептор результатів дії. Саме завдяки цим контурам реалізується принцип функціональної самоорганізації діяльності, який так завзято шукали засновники класичної кібернетичної і від якого відмовилися у технічній кібернетичній.

6. Задача ж формування цілі діяльності може бути вирішеною шляхом пізнання механізму формування проекту майбутнього результату на основі евристичної самоорганізації для фізіологічних та кібернетичних систем. Вирішення цієї задачі забезпечить формування «розумних речей» в Індустрії 5.0. Адже «розумні речі» повинні бути «інтелектуальними».

Література

1. Доценко, С. І. Принцип цілісної організації інтелектуальних систем [Текст] / С. І. Доценко // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2019. – № 1(89). – С. 4-16.
2. Доценко, С. І. Уроки кризи класичної кібернетичної причини та сутність [Текст] / С. І. Доценко // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2018. – № 4(88). – С. 4-16.
3. Доценко, С. І. Елементи методології формування загальної теорії підприємства [Текст] / С. І. Доценко // *Менеджмент, маркетинг та інтелектуальний капітал в глобальному економічному просторі* : [Моногр. під наук. ред. П. Г. Перерви, О. І. Савченко, В. Л. Товажнянського]. – Харків : Цифрова друкарня №1, 2012. – С. 221-240.
4. Анохин, П. К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем [Текст] / П. К. Анохин // *Очерки по физиологии функциональных систем*. – Москва : Медицина, 1975. – С. 17-62.
5. Анохин, П. К. Избранные труды Философские аспекты теории функциональных систем [Текст] / П. К. Анохин. – Москва : Наука, 1978. – 400 с.
6. Судаков, К. В. Системокванты физиологических процессов [Текст] / К. В. Судаков. – М. : Международный гуманитарный фонд арменоведения им. академика Ц. П. Агаяна, 1997. – 152 с.
7. Чечкин, А. В. Слабоформальные системы дискретной математики [Текст] / А. В. Чечкин // *Информатизация управления* : Моногр. ; под редакцией Д. А. Ловцова. – М. : МО РФ, 2003. – С. 34-41.
8. Энциклопедия кибернетики в двух томах / В. М. Глушков (ответственный редактор). – Киев : Главн. ред. украинск. Советск. Энцикл. – Том. 1. – 1974. – 607 с. – Том 2. – 1974. – 619 с.

9. Щедровицкий, Г. П. Теория деятельности и ее проблемы. 1966 [Электронный ресурс] / Г. П. Щедровицкий // *Философия. Наука. Методология = Philosophy science methodology : Моногр. ; ред. А. А. Пископелъ и др. – М. : Школа Культурной Политики, 1997. – 656 с. ISBN 5-88969-002-7. – Режим доступа: <https://www.fondgp.ru/publications/%D1%82%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F-%D0%B4%D0%B5%D1%8F%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8-%D0%B8-%D0%B5%D0%B5-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D1%8B/> – 28.04.2019.*

10. Пупков, К. А. Интеллектуальные системы (Исследование и создание) [Текст] : Учеб. пособие / К. А. Пупков, В. Г. Коньков. – Издание первое. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 194 с.

11. Поспелов, Г. С. Программно-целевое планирование и управление. (Введение)) [Текст] / Г. С. Поспелов. – М. : «Сов. радио», 1976. – 440 с.

12. Мельцер, М. И. Диалоговое управление производством (модели и алгоритмы) [Текст] / М. И. Мельцер. – М. : Финансы и статистика, 1983. – 240 с.

13. Доценко, С. І. Теоретичні основи створення інтелектуальних систем комп'ютерної підтримки рішень при управлінні енергозбереженням організацій [Текст] : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.06 // Сергій Ілліч Доценко ; Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова. – Харків, 2017. – 41 с.

14. Граве, П. С. Кибернетика и психика [Текст] : монография / П. С. Граве, Л. А. Растрюгин ; Ин-т электроники и вычислит. техники. Акад. наук Латв. ССР. – Рига : Зинатне, 1973. – 96 с.

References

1. Dotsenko, S. I. Prynysyp tsilisnoyi orhanizatsiyi intelektual'nykh system [The principle of integral organization of intellectual systems] *Radioelektronni i komp'uterni sistemi – Radioelectronic and computer systems*, 2019, no. 1(89), pp. 4-16. DOI: 10.32620/reks.2019.1.01

2. Dotsenko, S. I. Uroky kryzy klasychnoyi kibernetiky: prychny ta sutnist' [Lessons from the crisis of classical cybernetics: causes and essence]. *Radioelektronni i komp'uterni sistemi – Radioelectronic and computer systems*, 2018, no. 4(88), pp. 4–16.

3. Dotsenko, S. I. Elementy metodolohiyi formuvannya zahal'noyi teoryi pidpryyemstva [Elements of the methodology of forming the general theory of the enterprise] *Menedzhment, marketynh ta intelektual'nyy kapital v hlobal'nomu ekonomichnomu prostori*. Monohr. pid nauk. red. P. H. Perervy, O. I. Savchenko, V. L. Tovazhnyans'koho. [Management, marketing and intellectual capital in the global economic space]. Khar'kov, Tsyfrova drukarnya No.1 Publ., 2012, pp. 221-240.

4. Anokhin, P. K. *Principial'nye voprosy obshej teorii funkcional'nyh sistem* [Principal issues of the general theory of functional systems] / V kn. *Ocherki po fiziologii funkcional'nyh sistem*. [In the book Essays on the physiology of functional systems] Moscow, Meditsina Publ., 1975, pp. 17–62.

5. Anokhyn, P. K. *Izbrannye trudy Filosofskie aspekty teorii funkcional'nyh sistem* [Selected Works Philosophical Aspects of the Theory of Functional Systems]. Moscow, Nauka Publ., 1978. 400 p.

6. Sudakov, K. V. *Sistemokvanty fiziologicheskikh processov* [System quanta of physiological processes]. Moscow, Mezhdunarodnyj gumanitarnyj fond armenovedenija im. akademika C. P. Agajana Publ., 1997. 152 p.

7. Chechkin, A. V. Slaboformal'nye sistemy diskretnoi matematiki [Weakly formal systems of discrete mathematics]. *Informatizatsiya upravleniya – Informatization of management*, Moscow, MO RF Publ., 2003, pp. 34–41.

8. Glushkov, V. M. *Jenciklopedija kibernetiki v dvuh tomah*. [Encyclopedia of cybernetics in two volumes]. Kyev, Glavn. red. ukrainsk. Sovetsk. Jencikl. Tom. 1, 1974. 607 p., Tom 2, 1974. 619 p.

9. Shchedrovytskyu, H. P. *Teorija dejatel'nosti i ee problemy*. 1966 [Theory of activity and its problems 1966]. *Fylosofyya. Nauka. Metodolohyya – Philosophy science methodology*, Moscow, Shkola Kul'turnoy Polytyky Publ., 1997. ISBN 5-88969-002-7. Available at: <https://www.fondgp.ru/publications/%D1%82%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F-%D0%B4%D0%B5%D1%8F%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8-%D0%B8-%D0%B5%D0%B5-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D1%8B/> (Accessed 28 April 2019).

10. Pupkov, K. A., Kon'kov, V. G. *Intellektual'nye sistemy (Issledovanie i sozdanie)* Ucheb. posobie [Intelligent Systems (Research and Creation)]. Moscow. Izd-vo MGTU im. N. E. Bauman, 2001. 194 p.

11. Pospelov, H. S. *Prohrammno-tselevoe planirovanye y upravlenye. (Vvedenye)* [Programmatic planning and management. (Introduction)]. Moscow, «Sov. radyo» Publ., 1976. 440 p.

12. Mel'tser, M. I. *Dialogovoe upravlenie proizvodstvom (modeli i algoritmy)* [Interactive production management (models and algorithms)]. Moscow, Finansy i statistika Pub., 1983. 240 p.

13. Dotsenko, S. I. *Teoretychni osnovy stvorenniya intelektual'nykh system komp'yuternoyi pidtrymky rishen' pry upravlinni enerhozberezhenniam orhanizatsiy*. Avtoreferat diss. dokt. tekhn. nauk [Theoretical bases of creation of intellectual systems of computer support of decisions at management of energy saving of organizations: author's abstract diss. Dr. tech sciences]. Kharkiv, 2017. 41 p.

14. Hrave, P. S., Rastryhyn, L. A. *Kibernetika i psihika : monografija* [Cybernetics and the psyche: a monograph]. In-t jelektroniki i vychislit. tehniki. Akad. nauk Latv. SSR, Riga, Zinatne Publ., 1973. 96 p.

Поступила в редакцію 10.05.2019, рассмотрена на редколлегии 12.06.2019

ПРИНЦИП ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ САМООРГАНИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

С. И. Доценко

В классической кибернетике сформировано пять принципов самоорганизации кибернетических систем в форме двух гипотез Н. Винера и трех гипотез У.Р.Эшби. Основное внимание при развитии теории функциональной системы уделено ее анализу как целостной единицы, и формированию на ее основе теорий интеллектуальных систем. В то же время без внимания осталось исследование принципа действия механизма обеспечения соответствия полученного результата и установленного для него проекта. Механизм обеспечения соответствия, который сформирован в составе функциональной системы, реализуется на основе принципа самоорганизации деятельности функциональной системы на этапе реализации проекта будущего результата за счет двойной последовательной обратной связи через механизм «Акцептора результатов действия». На основе этого принципа возможно формулирование закона самоорганизации интеллектуальной системы в следующей форме. Для функциональной самоорганизации интеллектуальной системы на основе механизма обеспечения соответствия полученного результата деятельности и его проекта, в контур обратной связи необходимо включать «Акцептор результата действия» для сопоставления результата действия, проекта будущего результата действия и команды на управление. Сформированные в классической кибернетике принципы самоорганизации оказались по содержанию элементами выясненного единого принципа самоорганизации деятельности функциональных систем. В данной работе осуществлено именно осознание смысла знаний о существующих в теории функциональных систем и теории диалоговых систем управления двух последовательных контурах обратной связи и механизме их сочетания в «Акцепторе результатов действия». Именно благодаря этим контурам реализуется принцип функциональной самоорганизации деятельности, так упорно искали основатели классической кибернетики и от которого отказались в технической кибернетике. Задача же формирования цели деятельности может быть решена путем познания механизма формирования проекта будущего результата на основе эвристической самоорганизации для физиологических и кибернетических систем. Решение этой задачи обеспечит формирование «умных вещей» в Индустрии 5.0. Ведь «умные вещи» должны быть «интеллектуальными».

Ключевые слова: самоорганизация; кибернетика; принципы; законы самоорганизации.

THE PRINCIPLE OF FUNCTIONAL SELF-ORGANIZATION OF ACTIVITY INTELLIGENT SYSTEMS

S. Dotsenko

The five principles of self-organization of cybernetic systems are formed in classical cybernetics in the form of two hypotheses of N. Wiener and three hypotheses of W. R. Ashby. The main attention in the development of the theory of a functional system is given to its analysis as an integral unit, and the formation on its basis of the theories of intelligent systems. At the same time, no attention was left to the study of the principle of the mechanism for ensuring compliance with the result obtained and the project established for it. The conformity mechanism, which is formed as part of a functional system, is implemented on the basis of the principle of self-organization of the functional system's activity at the stage of a future result project's implementation through double sequential feedback through the "Action Results Acceptor" mechanism. Based on this principle, it is possible to formulate the law of self-organization of an intellectual system in the following form. For functional self-organization of an intelligent system based on a mechanism to ensure compliance with the result of an activity and its project, it is necessary to include an "Acceptor of an action result" in the feedback loop to match the result of an action, a project of a future result of an action, and a management team. The principles of self-organization formed in classical cybernetics turned out to be elements of the clarified single principle of the self-organization of functional systems activity. In this work, it was realized that the meaning of knowledge about the functional systems in the theory and the theory of dialogue control systems of two successive feedback loops and the mechanism of their combination in the "Acceptor of the results of action" was realized. It is thanks to these contours that the principle of functional self-organization of activities is implemented, the founders of classical cybernetics so stubbornly sought and from which they abandoned technical cybernetics. The task of the formation of the goal of the activity can be solved by knowing the mechanism of the formation of the project of a future result based on heuristic self-organization for physiological and cybernetic systems. The solution to this problem will ensure the formation of "smart things" in Industry 5.0. After all, "smart things" should be "intelligent".

Keywords: self-organization; cybernetics; principles; laws of self-organization.

Доценко Серій Ілліч – д-р техн. наук, доцент, професор кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем, Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна.

Dotsenko Sergiy – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor Department of specialized computer systems, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine, e-mail: sirius_3k3@ukr.net, ORCID Author ID:0000-0003-3021-4192.