УДК 691.32/34

ФЕНОМЕН БАГАТООСЕРЕДКОВОГО СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОМПОЗИТІВ

THE PHENOMENON OF MULTI-CENTRE STRUCTURE FORMATION OF BUILDING COMPOSITES

Вировой В.М., д.т.н., проф., https://orcid.org/0000-0001-8818-4112 **Коробко О.О.,** д.т.н., доц., https://orcid.org/0000-0001-7058-5268**Семенова С.В.,** к.т.н., доц., https://orcid.org/0000-0003-1011-8259**Зенченко Д.А.,** аспірант https://orcid.org/0009-0005-9358-4598 (Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса)

Vyrovoy V.V., doctor of technical sciences, professor, **Korobko O.O.,** doctor of technical sciences, docent, **Semenova S.V.,** candidate of technical sciences, docent, **Zenchenko D.A.,** postgraduate (Odessa State Academy Civil Engineering and Architecture, Odessa)

В роботі структуроутворення розглядається як перманентний процес, який протікає протягом всього життєвого циклу композиційних будівельних матеріалів та виробів. Наведені основні ознаки структуроутворення, що дає можливість визначити фактори управління процесами за принципом «від досягнутого».

The article considers structure formation as a non-stop irreversible process. The main features of structure formation are present, which allows separating the concept of "structure formation" from the concept of "structure". The structure reflects the instantaneous state of the object, which makes it possible to conduct qualitative and quantitative analysis of the components. The lack of a history of the appearance of certain elements makes it impossible to predict further patterns of change over time. Structure formation proceeds from multi-center mechanisms on various structural heterogeneities. This leads to the spontaneous emergence of fundamentally different structural elements. These elements become dominant in further transformations of the structure, which violates the symmetry of evolutionary development. The spontaneous, continuous processes of structure formation themselves indicate that nothing happens in the system by itself. Thus, there is a kind of self-renewal of the system due to internal restructuring of the structural organization. Such processes violate causal changes and allow us to move on to the concept of development on the principle of "from what has been achieved." Structure formation requires not so much multidisciplinary methods of description as research of themselves. Comprehensive studies of

the incessant processes of structure formation at different levels of heterogeneity will provide an opportunity to expand the horizons of knowledge about the mechanisms, phenomena and processes of self-development of the system as a whole. This will allow more direct determination of rational recipe and technological factors in the production of building materials, products and structures.

Ключові слова: структура, структуроутворення, багатоосередковість, адаптація, емерджентність.
structure, structure formation, multi-centricity, adaptation, emergence.

Вступ.

Головна відмінність понять структури та структуроутворення полягає в тому, що структура відображає сталий миттєвий стан об'єкту, а структуроутворення характеризує динаміку неперервного процесу змін структури. Ніякий процес неможливо вивчати шляхом його зупинки. Для розуміння динаміки і суті розвитку необхідно зрозуміти та освоїти течію процесу, злитися і рухатися разом з нею. Це дасть змогу отримувати кінцеві споживні продукти з бажаними параметрами та забезпечити можливість їх збереження в часі за рахунок зміни, розвитку, взаємного впливу та взаємодії складових, що забезпечує безупинний та незворотний перехід одного стану структури в інший. З огляду на це з'являється можливість, в даному контексті, дати визначення поняттю структуроутворення.

Аналіз останніх досліджень.

XX століття було насичене подіями, які визначили подальший розвиток і укорінення наукових ідеологій в XXI столітті. Відбувається подальший перехід від ідей редукціонізму до холістичного світосприймання завдяки роботам з теорії систем Л. фон Берталанфі [1], кібернетиці Н. Вінера, Р. Ешбі, В. Глушкова та інших. Дослідження І. Пригожина заклали підвалини структурного підходу та самоорганізації відкритих дисипативних систем. Формування системного мислення пов'язане з синергетикою Г. Хакена [2], аутопоезісними явищами Ф. Варели та У. Матурани [3], ідеями самоорганізованої критичності П. Бака. Аналіз механізмів формування наукових концепцій та ролі історії науки в теорії пізнання дозволили Т. Куну запропонувати поняття парадигми. Саме на границі століть прийшов час зсуву парадигм отримання, накопичення та використання знань до парадигм їх виробництва – розробці когнітивних технологій.

Уявлення будівельних матеріалів, виробів та конструкцій у вигляді відкритих складноорганізованих систем, що самоорганізуються, виходить з того, що вони певним чином структурно оформлені. Вплив структури на зміну властивостей будівельних композитів широкого призначення відмічений в роботах Л. Дворкіна, В. Соломатова, Й. Солодкого, В. Суханова, О. Коробко, В. Вирового, П. Кривенко, Л. Шейніча, В. Дерев'янко, І. Грушка,

В. Глуховського, Р. Рунової, К. Пушкарьової, В. Дорофєєва, І. Барабаша, М. Саницького, В. Вознесенського, В. Чернявського, А. Плугіна та багатьох інших дослідників.

Наявність структури як такої та окремих елементів структури створюють умови більш детального розуміння процесів та явищ, які відбуваються при створенні та функціонуванні будівельних композитів, що дозволить визначити фактори управління для розкриття їх потенційних можливостей.

Постановка мети та задачі досліджень.

Уявлення процесів багатоосередкового структуроутворення у вигляді безупинного процесу структурних трансформацій протягом всього життєвого циклу будівельних композитів дає можливість визначити та ідентифікувати не тільки окремі складові структури, а також оцінити їх взаємодію, взаємозалежність та взаємовплив одні на одних, що веде до прояву емерджентних ефектів та до ймовірних процесів самозбереження. Ці положення лягли в основу при формулюванні мети роботи – визначити характерні ознаки процесів багатоосередкового структуроутворення та на якісному рівні описати та проаналізувати незворотні та невпинні процеси структурних трансформацій будівельних композитів протягом всього життєвого циклу.

Методика досліджень.

В загальному випадку під структуроутворенням розуміють процес, який не можна досліджувати шляхом його зупинки. Поняття структуроутворення складноорганізованих об'єктів-систем містить в собі сукупність різних за механізмами прояву подій в різних підсистемах (структурних неоднорідностях). Використання ідей і методів системного підходу під час аналізу змістовних складових різнопланових багатоосередкових процесів дозволяє розкрити цілісність об'єктів з урахуванням різноманіття поліструктурних утворень та визначити умови появи та трансформації нових елементів. Базовим методичним прийомом первинного опису будь-якої системи є вербальний метод. На думку багатьох дослідників саме наративні, оповідальні методи слід вважати найбільш перспективними та релевантними при аналізі поведінки відкритих складних систем, що здатні до прояву ефектів самоорганізації та адаптації. Крім того, використання когнітивних технологій та прийомів дозволяє застосовувати метафоричний опис різнопланових подій, явищ та процесів. Це, в свою чергу, веде до залучення методів аналогій, що спонукає прояв того чи іншого ряду асоціативних порівнянь. В сукупності такі методичні прийоми дозволяють на початковому етапі досліджень описати на якісному рівні перманентні процеси структуроутворення протягом всього життєвого циклу будівельних композитів.

Результати досліджень.

В загальному випадку під структуроутворенням будівельних композитів (матеріалів, виробів та конструкцій) слід розуміти неперервний змінний в

часі процес самовільного виникнення структурної організації за рахунок взаємодії та взаємовпливу існуючих та виникаючих елементів на різних рівнях неоднорідностей (масштабів), що забезпечує самозбереження утвореної цілісності, можливості якої значно ширші і більші порівняно з можливостями індивідуальних складових.

Запропоноване визначення виходить з того, що перманентність явищ структуроутворення вказує не на завершеність процесів формування структури, а на подальший початок розвитку і тим самим формує контури майбутнього. В загальному випадку в життєвому циклі об'єкту-системи можна виділити технологічний період створення об'єкту, період його активного функціонування та період завершення життєвого циклу. В якості прикладу розглянуті процеси структуроутворення конструкції-системи, оскільки розглядати структурні особливості матеріалів без врахування геометричних характеристик конструкцій, виготовлених із цих матеріалів, немає сенсу.

Технологічний період створення конструкції-системи слід вважати самим насиченим різноманітними подіями. До технологічного періоду належать процеси та явища, спрямовані на отримання матеріалу, формування виробу, отримання кінцевого продукту. В цей період реалізується комплекс хімічних, фізико-хімічних, фізичних, механічних процесів, що веде до перетворення вихідних складових в цілісну систему. Реакції на ці базові події у вигляді ефектів самоорганізації, термічних змін, об'ємних деформацій, дифузійних процесів масопереносу, електроосмосу, самовільного утворення нових елементів і несуцільностей викликають неперервні зміни структури на всіх рівнях неоднорідностей. Завершення технологічного періоду слід вважати умовним поняттям, оскільки воно пов'язане з досягненням нормованих властивостей, що дозволяє об'єкту-системі виконувати закладені в неї функції. Готовність сприйняти експлуатаційне навантаження означає, що в об'єкті співіснують елементи структури, які здатні адекватно реагувати на дію зовнішніх та внутрішніх чинників. Із всієї сукупності елементів структури можна виділити, в залежності від здатності реагувати на ті чи інші подразники, консервативні, метастабільні та активні елементи структури [4]. Відповідно до характеру впливу певні групи елементів здатні змінювати власні параметри, трансформуватися одні в одних, перерозподіляти навантаження та деформації, дисипувати надлишкову енергію, ініціювати появу та розвиток нових елементів та інше. Внаслідок цього відбувається безупинний процес подальшого структуроутворення. Перманентні структурні зміни забезпечують протікання процесів самоорганізації, що, в свою чергу, веде до прояву ефектів самозбереження конструкцій-систем та їх адаптації в змінних умовах експлуатації. В цьому полягає основне призначення ефектів структуроутворення – самозбереження любого об'єкту, включаючи конструкції-системи, що повинне забезпечити його безпечне функціонування.

До основних проявів процесів структуроутворення слід віднести певні характерні ознаки. Структуроутворення закладає певну асиметрію між тим, що було та тим, що буде (між минулим та майбутнім). Структуроутворення базується на самобутті. Самобуття означає, що різні рівні структури неможливо звести один до одного, у них принципово різні способи утворення і зовсім різні рівні умови буття; воно здатне руйнувати очікуване. Структуроутворення та самоорганізація викликають мікронестійкість та невпорядкованість, що може породжувати макростабільність та макростійкість; воно підіймає завісу, за якою ховаються всі можливі репертуари та сценарії зіграних та не зіграних п'єс. При цьому один сценарій не виступає супротив іншого, як викрутка не протистоїть молотку. Структуроутворення створює ідейні конструкції опису подій; воно показує, що використання міждисциплінарних підходів в рамках однакових парадигм – це дорога в нікуди (тупиковий шлях). Структуроутворення стверджує, що матеріал слід розглядати не як монолітне поєднання, а як багатошаровий, багатоукладний, наповнений різноманіттям. Структуроутворення створює своєрідну інтригу, оскільки відсутній автоматизм розвитку, що робить кінець процесу невідомим, непередбаченим, невгаданим. Структуроутворення – це не детермінований процес, причини якого не є необхідними; воно базується на тому, що кожний індивідуальний елемент має таку саму цінність, як і всі елементи в сукупності. Структуроутворення – це серія подій, кожна з яких може змінити всі прийдешні процеси непередбаченим, навіть катастрофічним, чином; воно показує, що різні структурні неоднорідності не завжди управляють поведінкою один одного, навіть в випадках, коли вони є складовими один одного. Структуроутворення виходить із багатофункціональності одного і того ж елемента, явища, процесу. Структуроутворення – це процес одночасного залучення необмеженої кількості різних за механізмами дії ситуацій. Структуроутворення – це своєрідна навігація процесів перетворення намірів в дійсність. Структуроутворення – це процес, який санкціонує ті чи інші дії. Структуроутворення показує, що нічого, навіть неминуче, не відбувається само по собі. Структуроутворення порушує процес зворотності в часі, що веде до незворотності розвитку. Структуроутворення здатне «заставляти» систему забувати свій початковий та попередній стани і, тим самим, проявляти так звані «ефекти склерономності». Структуроутворення – це події, які прийшли не ззовні – вони є результатом внутрішніх процесів. Структуроутворення забезпечує єдність різноманітного та багатогранного.

Наведений далеко не повний перелік ознак процесів структуроутворення свідчить про їх багатогранність та різновекторний вплив на перманентні зміни структури. Подібне різноманіття породжує різні концепції впливу змін структури на зміну властивостей конструкцій-систем.

Прибічники діючих парадигм віддають перевагу концепції причинно-наслідкових залежностей розвитку структури (рис.1, а). При такому підході

існує можливість враховувати все різноманіття процесів структуроутворення шляхом введення різних коефіцієнтів.

Різноманітність процесів врівноважується різноманітністю коефіцієнтів – від коефіцієнтів запасу (надійності) до сталих коефіцієнтів, які характеризують ті чи інші властивості матеріалів (наприклад, коефіцієнт Пуассона, модуль Юнга, коефіцієнти термічних деформацій та багато інших). Завдяки цілій гамі коефіцієнтів складається враження адекватності аналітичного опису поведінки конструкції її реальній поведінці. Насправді використання коефіцієнтів є необхідною умовою переходу від вихідних базових моделей неперервності, усереднення, первинності експериментальних результатів та відсутності історії до вірогідного багатоваріантного опису та пояснення механізмів процесів, що протікають. Це створює ілюзію розширення та поглиблення рівня знань про поведінку конструкцій в умовах дії експлуатаційних навантажень.

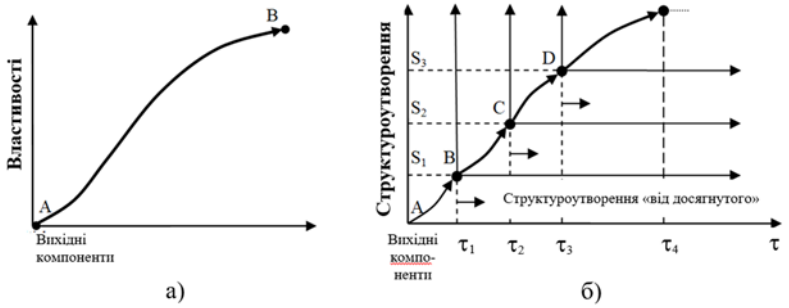


Рис. 1. Базові концепції розвитку будівельних композитів у часі

При розробці основ неврівноваженої термодинаміки І. Пригожин [5] звернув увагу, що в відкритих термодинамічних системах можуть самовільно утворюватися стійкі впорядковані структури, що викликає зменшення енергії. Такі системи здатні взаємодіяти зі своїм оточенням та обмінюватися з ним енергією, речовиною та інформацією, що веде до виникнення флуктуацій, які ініціюють трансформації структури систем. На думку І. Пригожина подібні зміни структури підводять систему до точки біфуркації. Відбувається незворотна переорганізація структури, в результаті якої система набуває нових властивостей. Крім того, переоформлення структури формує нові шляхи еволюції системи.

Внаслідок того, що структурні зміни є наслідком флуктуацій, які випадково виникають та розвиваються, то припускається, що після проходження точки біфуркації подальшу поведінку системи та прояв її властивостей передбачити практично неможливо. Подібні уявлення вписуються в загальну схему синергетичного опису при аналізі перетворень структури протягом всього життєвого циклу відкритих систем. Таким чином,

можна припустити, що при такому підході, еволюційний розвиток систем залежить від вірогідних дискретних процесів структуроутворення.

При розгляді ознак структуроутворення як перманентного процесу було відмічено, що саме самовільні неперервні процеси структуроутворення вказують на те, що в системі нічого не відбувається само по собі. Це дозволяє зробити висновок, що флуктуації – це не випадкове явище, а закономірний процес постійних структурних змін. Структурні зміни можуть бути пов'язані зі зміною параметрів існуючих елементів структури і також із зародженням нових елементів. Це вводить систему в новий стан, при якому вона починає подальшій свій розвиток за принципом «від досягнутого» (рис.1, б).

Подібне структурне переродження пов'язане з незворотними змінами параметрів так званих активних елементів структури. В складноорганізованих системах, до яких належать об'єкти з поліструктурною будовою, присутній певний набір різноманітних за різними ознаками елементів структури. Це означає, що при взаємодії відкритої системи із своїм оточенням реагує на зовнішні подразники не вся система як така, а окремі найбільш чутливі елементи. В залежності від швидкості реагування на дію зовнішніх та внутрішніх факторів в системах можна виділити активні, метастабільні та консервативні елементи. Саме активні елементи, до яких належать несуцільності у вигляді поверхонь розділу, тріщин, капілярів та пір, а також залишкові (технологічні, наслідкові, генетичні) місцеві та загальні деформації, першими відчувають, сприймають та реагують на ті чи інші подразники. В залежності від інтенсивності дії активні елементи здатні змінювати свої параметри, дисипувати надлишкову енергію, трансформуватись в інші елементи, що веде до зміни структури як окремих рівнів неоднорідностей, так і всієї системи. Крім того, активні елементи як своєрідні тригери включають в динаміку структурних змін метастабільні та консервативні елементи. Відбувається подальший процес структуроутворення шляхом самовільних змін структури (самоорганізації) в напрямку прояву ефектів самозбереження (адаптації). Цей подальший процес відбувається з новими елементами структури, які формують структури вже іншої системи. Таким чином відбувається своєрідне самооновлення системи за рахунок зміни внутрішнього дизайну, порушуючи тим самим причинно обумовлені зміни згідно концепції еволюційного розвитку.

Зазвичай аналізуються зміни властивостей в часі в залежності від вихідного складу та технологічних умов виробництва. Поняття структури з'являється на етапі інтерпретації причин зміни властивостей, що характерно для концепції причинно-наслідкових залежностей. На думку фахівців, саме в рамках концепції неперервного симетричного еволюційного розвитку закладаються основи правдоподібного тлумачення причин зміни властивостей. При цьому практично не існує обмежень щодо вибору наукових напрямків, які, на думку дослідника, дозволяють зрозуміти,

пояснити, описати, розкрити основні результати досліджень, що створює ілюзію поглиблених знань.

Висновки.

Процеси структуроутворення потребують не різноманіття методів опису, а прискіпливих досліджень самих себе. Як, чому, коли в системі з'являються елементи, які не входять в перелік вихідних компонентів? Чому більшість фізико-механічних властивостей залежать від елементів, які самозароджуються в процесах розвитку? Як співвідносяться властивості матеріалу з властивостями виробу (конструкції)? Несуцільності – це «ніщо», чи це елементи структури матеріалів та виробів? Як визначити фактори управління перманентними процесами структуроутворення? Подібні питання будуть множитись по мірі поглиблення і розширення досліджень з розвитку процесів структуроутворення на різних рівнях структурних неоднорідностей. Обгрунтовані відповіді на ці та інші питання повинні розширювати горизонти знань про механізми, явища та процеси саморозвитку невпинного структуроутворення.

1. Берталанфі Л. фон. Загальна теорія систем: основи, розвиток, застосування. Нью-Йорк: Джордж Бразиллер, 1968. 296 с.

Bertalanfi L. fon. Zahalna teoriia system: osnovy, rozvytok, zastosuvannia. Niu-York: Dzhordzh Brazyller, 1968. 296 s.

2. Хакен Х. Наука про структуру : синергетика. Нью-Йорк : Ван Нострандт Рейнхолд, 1984. 255 с.

Khaken Kh. Nauka pro strukturu : synerhetyka. Niu-York : Van Nostrand Reinkhold, 1984. 255 s.

3. Матурана У., Варела Ф. Древо пізнання: біологічне коріння людського розуміння. Бостон: Шамбала, 1987. 272 с.

Maturana U., Varela F. Drevo piznannia: biolohichne korinnia liudskoho rozuminnia. Boston: Shambala, 1987. 272 s.

4. Вировой В.М., Дорофєєв В.С., Суханов В.Г. Композиційні будівельні матеріали та конструкції : монографія. Структура, самоорганізація, властивості. Одеса : ТЕС, 2010. 152 с.

Vyrovoi V.M., Dorofieiev V.S., Sukhanov V.H. Kompozytsiini budivelni materialy ta konstruktsii : monohrafiia. Struktura, samoorhanizatsiia, vlastyvosti. Odesa : TES, 2010. 152 s.

5. Пригожин І. Креативність в науках і в гуманітарному знанні: Дослідження відношення між двома культурами. *Синергетична парадигма. Людина та суспільство в умовах нестабільності.* 2003. С. 99-105.

Pryhozhyn I. Kreatyvnist v naukakh i v humanitarnomu znanni: Doslidzhennia vidnoshennia mizh dvoma kulturamy. Synerhetychna paradyhma. Liudyna ta suspilstvo v umovakh nestabilnosti. 2003. S. 99-105