

УДК 514.8

## РОЛЬ СИМЕТРІЇ В ФОРМУВАННІ ОБ'ЄКТІВ ТА ПРОЦЕСІВ

Колосова О.П., к.т.н.,

Ванін В.В., д.т.н.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (Україна)*

*Розглянуто поняття симетрії, прояви якої зустрічаються в багатьох сферах науки і техніки, та її роль в формуванні об'єктів та процесів, а також різноманітні форми її реалізації.*

*Ключові слова: симетрія, геометрія, елемент симетрії, об'єкт, процес.*

**Постановка проблеми.** Симетрія, як явище, притаманна найрізноманітнішим структурам об'єктів і процесів та суттєво впливає на їх властивості й формування. Розробка технологічних процесів з урахуванням цього явища сприяє їх інтенсифікації та отриманню оптимальних результатів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У різні історичні епохи термін "симетрія", що нині вживається як універсальний методологічний термін, використовувався для визначення різних понять. Наприклад, древні греки тлумачили геометричне поняття симетрії як спільномірність об'єктів, піфагорійці – як впорядковане розташування частин цілого, а в епоху відродження це поняття розуміли як урівноваженість лівого і правого [1].

У 30-х роках ХІХ століття німецький мінералог Іоган Гессель вивів існування 32-х класів симетрії кристалів, а Еварист Галуа ввів поняття групи, запропонувавши класифікувати алгебраїчні рівняння за їх групами симетрії. Пізніше теорія груп разом з теорією інваріантів стала мовою, на якій описують симетрії [2].

У 1894р. П'єр Кюрі сформулював універсальний принцип симетрії, що описує вплив симетрії на всі фізичні властивості об'єктів. Принцип Кюрі показав, що фізичні явища, поля, дії можуть мати симетрію, яку можна описати сімома граничними групами симетрії [3].

Перше загальне визначення симетрії приписують німецькому математику Г. Вейлю, згідно з яким симетрія – це той вид узгодженості окремих частин, який об'єднує їх в єдине ціле [4].

**Формулювання цілей статті.** Метою досліджень є аналіз наявних методологічних засад та тлумачень щодо поняття симетрії, які використовуються у різних сферах науки і технології з наведенням

конкретних прикладів застосування цього поняття, включаючи дослідження симетрії в формоутворенні об'єктів та формуванні процесів.

**Основна частина.** Сьогодні поняття симетрії використовують не тільки як якісну або структурну характеристику, а як «інструмент, за допомогою якого ми не просто формуємо закони, а й розбираємося, чому вони діють» [4].

Слід констатувати, що на цей час єдиної загально визнаної класифікації принципів симетрії не існує. В різних галузях людської діяльності вона приймає свою конкретну форму.

Виявляти і математично точно характеризувати симетрію об'єктів допомагає використання так званих елементів симетрії[1]. Для скінчених об'єктів – це центр симетрії, осі симетрії, дзеркально-поворотні осі і площини симетрії фігур. Для нескінчених об'єктів – вектор перенесення  $v$  (переносна симетрія), площина ковзного відбиття (ковзна симетрія), гвинтова вісь  $OO'$  (гвинтова симетрія) (рис.1)

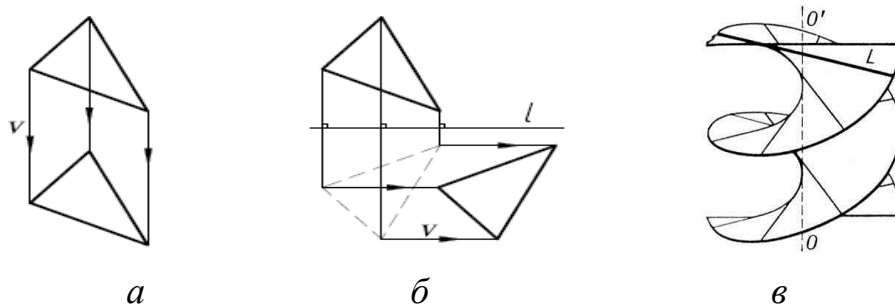


Рис.1. Приклади симетрій: *a* – переносу; *б* – ковзна; *в* – гвинтова

У біології – це аксіальна (радіальна, променева), білатеральна симетрії, а у вірусології – спіральна, кубічна, сферична, ікосаедрична та ін. види симетрії (рис. 2).

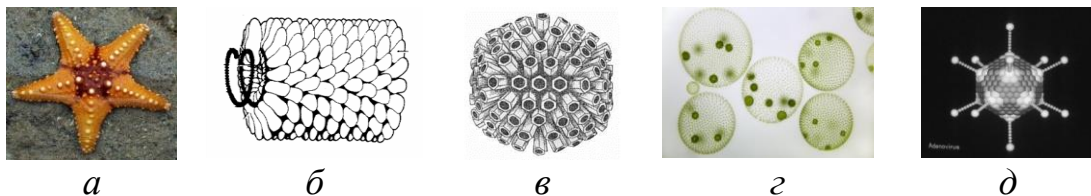


Рис. 2. Приклади симетрій: *a* – аксіальна; *б* – спіральна (вірус табачної мозаїки); *в* – кубічна (вірус герпеса); *г* – сферична (вольвокс); *д* – ікосаедрична (капсид аденовірусу ) [5]

В узагальненому виді в сучасній фізиці можна виділити два основні класи симетрії. До першого класу можна віднести зовнішні симетрії (геометричні та просторово-часові), що діють, в основному,

на макрорівні: симетрії перенесення (однорідність простору), повороту (ізотропність простору) і зсуву з часом (незмінність законів з часом). До другого класу можна віднести внутрішні або динамічні симетрії сучасної квантової фізики та фізики елементарних частинок – симетрія між кварками та лептонами, калібрувальна симетрія, суперсиметрія та ін.

Симетрія в хімії виявляється, зокрема, в геометричній конфігурації молекул. Адже кожна молекула вирізняється не тільки числом і видом атомів, що входять до її складу, але і симетрією своєї ядерної основи – ядерного поліедра, яку необхідно враховувати при розгляді електронної структури молекули [6].

У квантовій хімії, наприклад, вирізняють так звані точкові групи симетрії (рис.3): найпростіші (для яких вісь  $n$ -го порядку є єдиним елементом симетрії), кубічні (кожна з них має елементи симетрії, притаманні кубу), неперервні (пряма, на якій розташовані ядра, є віссю симетрії нескінченного порядку).

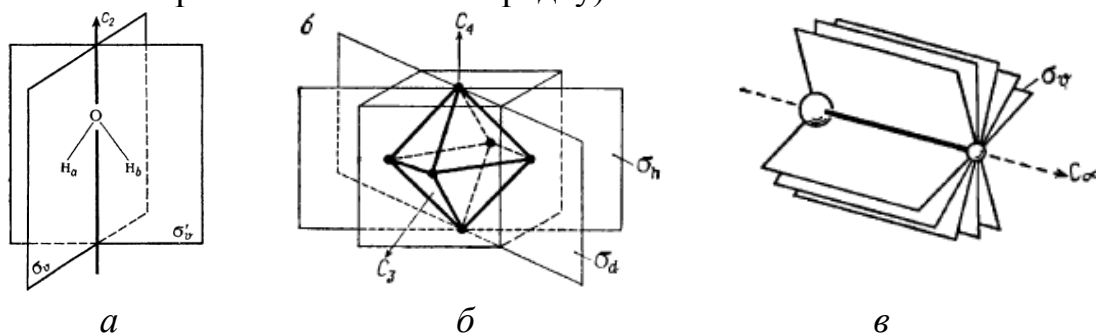


Рис. 3. Елементи симетрії: *a* – молекули води; *б* – кубічної; *в* – неперервної;  $c_n$  – вісь симетрії  $n$ -го порядку,  $\sigma_v$  і  $\sigma_h$  – відповідно, вертикальна і горизонтальна площини симетрії [6]

### Дослідження симетрії у формоутворенні об'єктів та в розвитку процесів.

Слід зазначити, що на будь-який об'єкт та на процес його формування впливають численні фактори. При цьому чим складнішим є досліджуваний об'єкт, тим варіативнішими є ці фактори. Це є причиною різноманітності проявів симетрії. Тому характеристика симетрій будь-якого об'єкта завжди приблизна і відносна. Тим не менше, саме це, разом з універсальністю проявів симетрії дозволяє виявляти і пояснювати закономірні і стійкі прояви в структурі та функціонуванні об'єктів будь-якого ступеня складності. Це робить симетрію досить ефективним інструментом для аналізу технічних об'єктів та процесів. Розглянемо декілька прикладів використання симетрії в формуванні об'єктів та пресів.

При виготовленні волокнистих композиційних матеріалів використовують різні схеми упаковки волокон. Одна із них, найбільш

розповсюджена – схема 4D, за якою волокна розташовані вздовж чотирьох діагоналей куба (рис.4).

Геометрія просторового армування створюється виходячи з умов навантаження матеріалу і має забезпечувати цілеспрямовану анізотропію властивостей [7]. Схема 4D дозволяє отримати врівноважену структуру (рис.4).

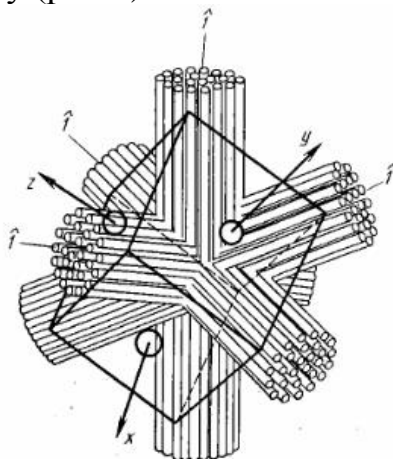


Рис.4. Чотирьохспрямована схема армування та розташування системи координат;  $x, y, z$  – головні осі пружної симетрії;  $\hat{i}$  – напрямок армування [7]

З огляду на симетрію структури пружні властивості матеріалу також мають елементи симетрії: один із напрямів армування є віссю пружної симетрії третього порядку. При повороті системи координат, пов'язаної однією віссю з напрямком волокон, на кут  $120^\circ$  в площині основи тетраедра всі пружні властивості матеріалу внаслідок симетрії зберігаються. Тому така структура армування є більш перспективною в цілях підвищення жорсткості під час зсуву в порівнянні з іншими схемами [7].

Ще один яскравий приклад виявлення симетрії відноситься до технологічного процесу ультразвукової кавітації.

При введенні ультразвуку в рідкий епоксидний олігомер спостерігається симетрія процесу кавітації (рис. 5).

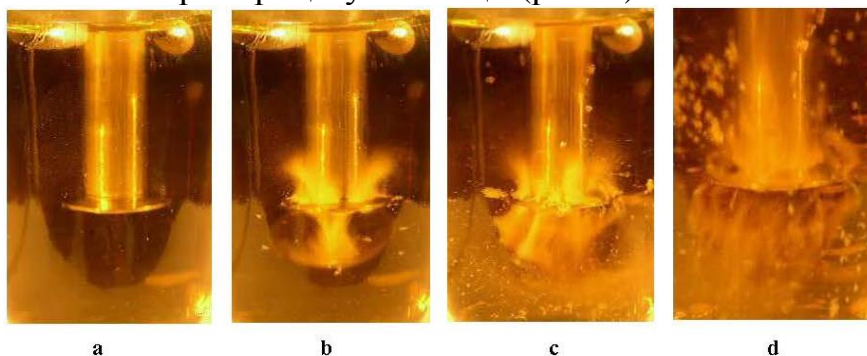


Рис. 5. Зародження і розвиток УЗ-кавітації в рідкому епоксидному олігомері марки ЕД-20 під час обробки концентратором УЗ-коливань циліндричної форми [9]

З рис. 5 видно, що протягом всього процесу УЗ-кавітації біля випромінюючої поверхні концентратора відбувається симетричне формування окремих кавітаційних тяжів. Це свідчить про вірний розрахунок конструктивних параметрів робочого УЗ-інструменту і про коректний виборі параметрів технологічного процесу УЗ-кавітації.

Ефективна дія ультразвуку сприяє наближенню розміщення волокон в структурі односпрямованого композиту до симетричної (гексагональної) форми (рис. 6), що впливає на поліпшення технологічного процесу просочування та підвищує міцність затверділого композиту [10].

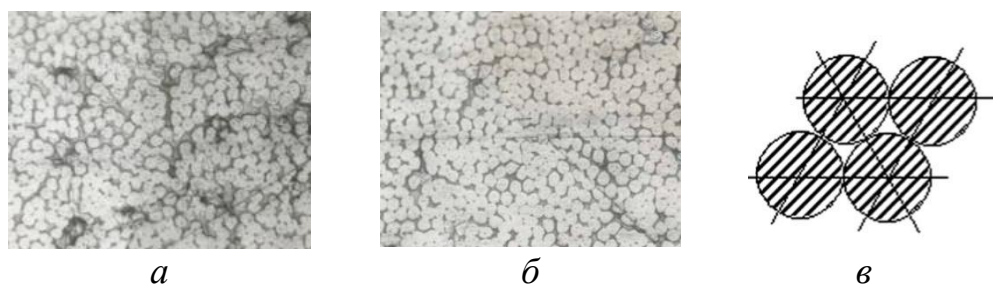


Рис. 6. Типова фотографія мікрошліфу поперечного перерізу затверділого орієнтованого епоксидного органопластика: а – до УЗ-обробки; б – після УЗ-обробки; в – гексагональна (теоретична)

**Висновки.** На основі проведених досліджень можна стверджувати, що симетрія співвідноситься з властивостями структури досліджуваних об'єктів (систем, процесів, явищ) і є сукупністю геометричних упорядкованостей, які інваріантно зберігаються на тлі фізичних, хімічних та інших внутрішніх перетворень та зовнішніх впливів. Використання принципів симетрії сприяє виявленню загальних властивостей структури і взаємозв'язків процесів, як зовнішніх, так і внутрішніх.

### **Література**

1. Лебедева С.В. Закон симметрии и его универсальный характер / С.В.Лебедева // Вестник Псковского государственного университета. – № 2. – 2007. – С.107-111.
2. Стюарт И. Истина и красота. Всемирная история симметрии [пер. с англ. Алексея Семихатова] / И. Стюарт // Серия: Элементы. – М.: Астрель, Корпус, 2010. – 461 с.
3. Кюри П. О симметрии в физических явлениях: симметрия электрического и магнитного полей / П. Кюри // Избранные труды. – 1966. – С. 95–113.
4. Голдберг Д. Вселенная в зеркале заднего вида. Был ли Бог правшой? Или скрытая симметрия, антивещество и бозон Хиггса / Д. Голдберг.

- Москва : АСТ, 2015. – 411с.
5. Gel [Электроний ресурс] // Wikipedia. Режим доступу: <https://en.wikipedia.org/wiki/Gel>.
  6. Дмитриев И.С. Симметрия в мире молекул/ И. С. Дмитриев. – Л.: «Химия», 1976. – 128 с.
  7. Пространственно-армированные композиционные материалы: Справочник/ Ю.М. Тарнопольский, И.Г.Жигун, В.А.Поляков. – М.: Машиностроение, 1987. – 224 с.
  8. Juan A. Gallego-Juarez. Power Ultrasonics: Applications of High-intensity Ultrasound / A. Gallego-Juarez Juan, Graff Karl F. – Elsevir, 2014. – 1166 p.
  9. Kolosov A. E. Low-Frequency Ultrasonic Treatment as an Effective Method for Modifying Liquid Reactoplastic Media / A. E. Kolosov // Chemical and Petroleum Engineering. – 2014. – Volume 50. – Issue 1-2. – P. 79–83. DOI: 10.1007/s10556-014-9859-0.
  10. Колосова О.П. Геометричне моделювання процесів та обладнання для одержання реактопластичних композиційно-волокнистих матеріалів: дис. ... канд. техн. наук: 05.01.01 – прикладна геометрія, інженерна графіка / О.П. Колосова. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2016. – 187 с.

## **РОЛЬ СИММЕТРИИ В ФОРМИРОВАНИИ ОБЪЕКТОВ И ПРОЦЕССОВ**

Колосова Е.П., Ванин В.В.

*Рассмотрено понятие симметрии, проявления которой встречаются во многих сферах науки и техники, и ее роль в формировании объектов и процессов, а также различные формы ее реализации.*

*Ключевые слова: симметрия, геометрия, элемент симметрии, объект, процесс.*

## **THE ROLE OF SYMMETRY IN FORMING OF OBJECTS AND PROCESSES**

Kolosova O., Vanin V.

*The concept of symmetry, the manifestations of which occur in many spheres of science and technology, and its role in the formation of objects and processes, as well as various forms of its implementation, are considered.*

*Key words: symmetry, geometry, element of symmetry, object, process.*