

## КОМБІНАТОРИКА ДВОХ-, ТРЬОХ- І ЧОТИРЬОХКОМПОНЕНТНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ЇЇ АНАЛІЗ

*Настасенко В.О.*

*Херсонська державна морська академія*

*У даний час створенню нових композиційних матеріалів і технологій їх утворення приділяється велика увага, однак охоплення всього різноманіття можливих їх комбінацій без застосування наукових основ неможливе. Найбільш повно цим вимогам задовольняють математична комбінаторика та системні методи вибору кінцевих рішень. На їх основі проведений аналіз типових рішень і структур композиційних матеріалів, з оцінкою їх по 5 рівням складності вирішуваних завдань – від найпростіших, з комбонуванням відомих елементів і технологій, до синтезу нових матеріалів на рівні наукових відкриттів, для яких поки ще не знайдені, ні комбонувальні елементи, ні технології. Запропоновані структури, принципи і прийоми можуть бути рекомендовані для використання при розробках нових композиційних матеріалів.*

*Ключові слова:* композиційні матеріали, умови їх синтезу і технології їх утворення і відбору.

**Вступ. Зв'язок проблеми з основними науковими напрямками.** Робота відноситься до галузей матеріалознавства та комбінаторики, зокрема – до комбінування елементів композиційних матеріалів і визначення їх можливостей при синтезі нових структур на науково-математичній основі.

**Аналіз стану проблеми, вибір мети і завдань досліджень.** Створення нових композиційних матеріалів і технологій їх виробництва є важливим і актуальним завданням, оскільки з ростом потреб суспільства у новій техніці і технологіях ростуть проблеми вживання нових матеріалів з кращими експлуатаційними властивостями, одержуваних високоекономічними методами. При великому різноманітті таких матеріалів та їх складових компонентів, зростає роль наукового підходу до їх отримання у великій кількості та у широких межах, а також до оцінки можливостей охоплення всіх сполучень і кінцевих комбінацій. Найбільш повно цим можливостям задовольняють: 1) математична комбінаторика [1], 2) системні методи вибору кінцевих рішень [2].

Комбінаторика передбачає формування різних сукупностей множини  $M$ , що містить  $n$  елементів. При цьому розрізняють 3 основних види з'єднань множин: розміщення, перестановки і поєднання [1].

*Розміщення з  $n$  елементів по кількості  $k$*  – це впорядковані сукупності, в яких вони відрізняються один від одного порядком елементів або їх складом. Загальне число розміщень з  $n$  елементів у кількості  $k$  становить:

$$A_n^k = n(n-1)\dots(n-k+1). \quad (1)$$

*Перестановки* – розміщення з  $n$  елементів по  $n$ , їх число становить величину:

$$P_n = 1 \cdot 2 \cdot \dots \cdot n = n! \quad (2)$$

Сполучення з  $n$  елементів по кількості  $k$  – це невпорядковані сукупності елементів множини  $M$ , що містять по  $k$  елементів, при якому 2 поєднання вважаються різними лише в тому випадку, коли вони відрізняються хоча б одним елементом.

Наукові основи визначення множини можливих рішень і оцінка їх рівня при створенні композиційних матеріалів є *головною метою виконуваної роботи і становить її наукову новизну.*

**Обґрунтування можливих варіантів синтезу композиційних матеріалів.**

В основу подальших досліджень були покладені структурні схеми поєднань вхідних параметрів та їх кінцевих комбінацій. При цьому враховували, що композиційні матеріали відрізняються від хімічних сполук, в яких властивості вхідних речовин істотно відрізняються від кінцевих продуктів (наприклад: Na – агресивний метал, Cl – отруйний газ, а їх хімічна сполука NaCl – кухонна сіль, є харчовим продуктом). Для композитів не

проявляються властивості ізомерії, пов'язані з різною будовою або розташуванням однакових атомів, характерних для органічних речовин, також ведучих до різних властивостей кінцевих продуктів (наприклад в одній і тій же за складом хімічній речовині  $(\text{CH})_2(\text{COOH})_2$  його цис- і транс-форми, які відрізняються одностороннім і різнобічним розташуванням груп  $\text{COOH}$  відносно площини подвійного зв'язку вуглецю  $\text{C} = \text{C}$ , ведуть до різних кінцевих речовин: малеїнової кислоти – цис-ізомер, або фумарової кислоти – транс-ізомер [3]). На відміну від сплавів, у яких кількісні коливання складу хімічних елементів ведуть до появи зон локальних екстремумів з різкою зміною властивостей кінцевих продуктів (наприклад: сплав залізо-вуглець з 6.67% С веде до утворення чавуну [4]), у композитів такі зміни проявляються повільніше, що істотно впливає на характер проведення їх досліджень. При цьому значно зменшується кількість реальних комбінацій нових форм, у порівнянні з визначеним по залежностях (1) і (2), що потребує пошуку нових розрахункових залежностей.

Початковою є найпростіша система з 2-х елементів А і Б, для якої  $n = 2$ ,  $k = 2$ , що показана на рис. 1.

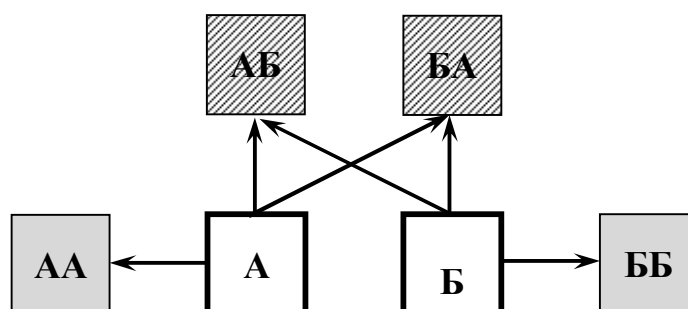


Рисунок 1 – Структурна схема для формування двоелементних композиційних матеріалів на базі 2-х вхідних речовин

При аналізі даної структури враховували, що збільшення вихідної кількості елементів (AA, BB) не дає нових якісних рішень як і наявність дзеркальних ізомерів AB і BA. Тому кінцева кількість  $N$  можливих комбінацій композиту з параметрами  $n = 2$ ,  $k = 2$  може бути визначена числовим виразом (3):

$$N_{2-2} = 2^2 - 2 - \frac{2}{2} = 1. \quad (3)$$

Для системи з 3-х вхідних елементів А, Б та В двоелементних кінцевих структур, для яких  $n = 3$ ,  $k = 2$ , структурна схема можливих комбінацій рішень показана на рис. 2. У цьому випадку, за інших умов, однакових з попереднім варіантом для виключення кількісних змін AA, BB, ВВ та ізомерів AB, BA, АВ, ВА, БВ, СБ, кінцева кількість  $N$  можливих комбінацій композитів із параметрами  $n = 3$ ,  $k = 2$  може бути визначена числовим виразом (4):

$$N_{3-2} = 3^2 - 3 - \frac{6}{2} = 3. \quad (4)$$

На базі числових виразів (3) і (4) може бути отримана узагальнена залежність (5), яка вірна для визначення кількості реально можливих композиційних матеріалів при будь-якій кількості вхідних елементів  $n$  двокомпонентних кінцевих композиційних матеріалів  $k = 2$ .

$$N_{n-k} = \frac{1}{2}(n^k - n) \quad (5)$$

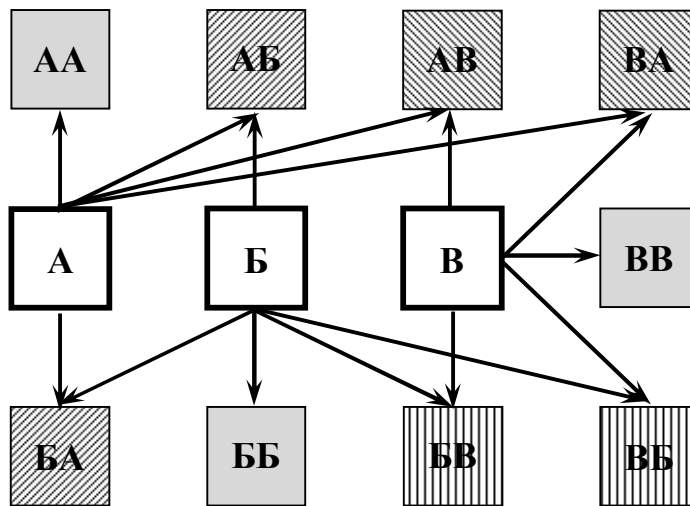


Рисунок 2 – Структурна схема для формування двоелементних композиційних матеріалів на базі 3-х вхідних речовин

Для системи з 4-х вхідних елементів А, Б, В і Г ( $n = 4$ ) двоелементних кінцевих речовин ( $k = 2$ ), структурна схема можливих комбінацій рішень показана на рис. 3, а кінцева кількість  $N$  можливих комбінацій синтезу композитів може бути визначена числовим виразом (6), який підтверджує вірність отриманої залежності (5):

$$N_{n-k} = \frac{1}{2}(n^k - n) = \frac{1}{2}(4^2 - 4) = 6. \quad (6)$$

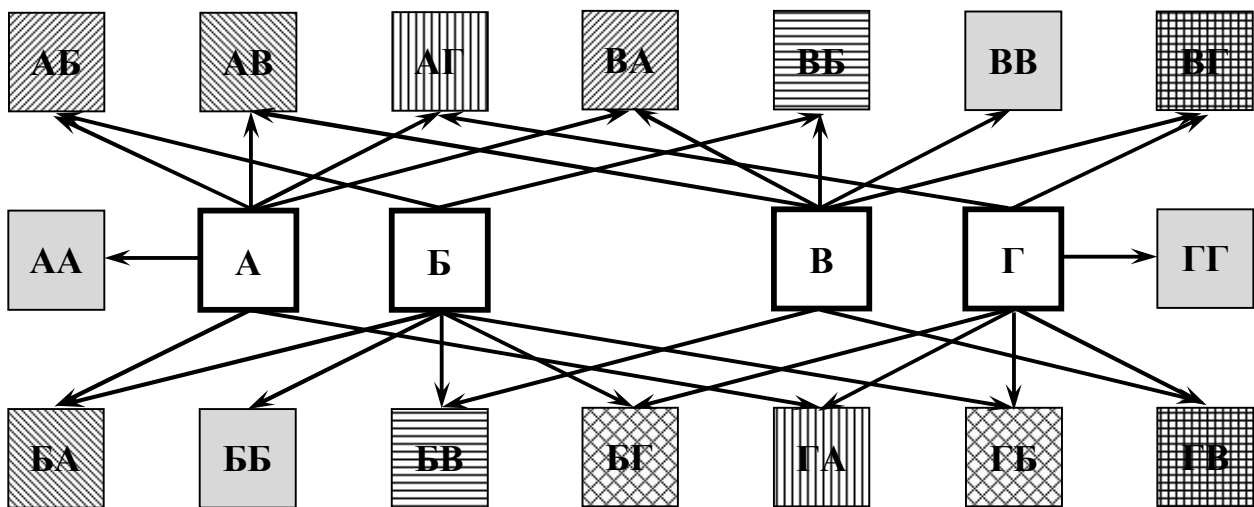


Рисунок 3 – Структурна схема для формування двоелементних композиційних матеріалів на базі 4-х вхідних речовин

Для системи із 3-х вхідних елементів А, Б і В ( $n = 3$ ) трьохелементний кінцевих речовин ( $k = 3$ ), структурна схема можливих комбінацій рішень показана на рис. 4, а кінцеве кількість  $N$  можливих комбінацій синтезу композитів може бути визначена числовим виразом (7), в якому дзеркальних ізомерів 18 штук і тільки 6 комбінацій (на рис. 4 показані білим кольором) не мають ізомерії, що дає 15 варіантів можливих кінцевих рішень:

$$N_{3-3} = 3^3 - 3 - \frac{18}{2} = 15. \quad (7)$$

Узагальнена залежність для визначення неповторюваної кількості можливих комбінацій композиційних матеріалів має вид (8):

$$N_{n-k} = n^k - n^{k-1} - n = 3^3 - 3^2 - 3 = 27 - 9 - 3 = 15. \quad (8)$$

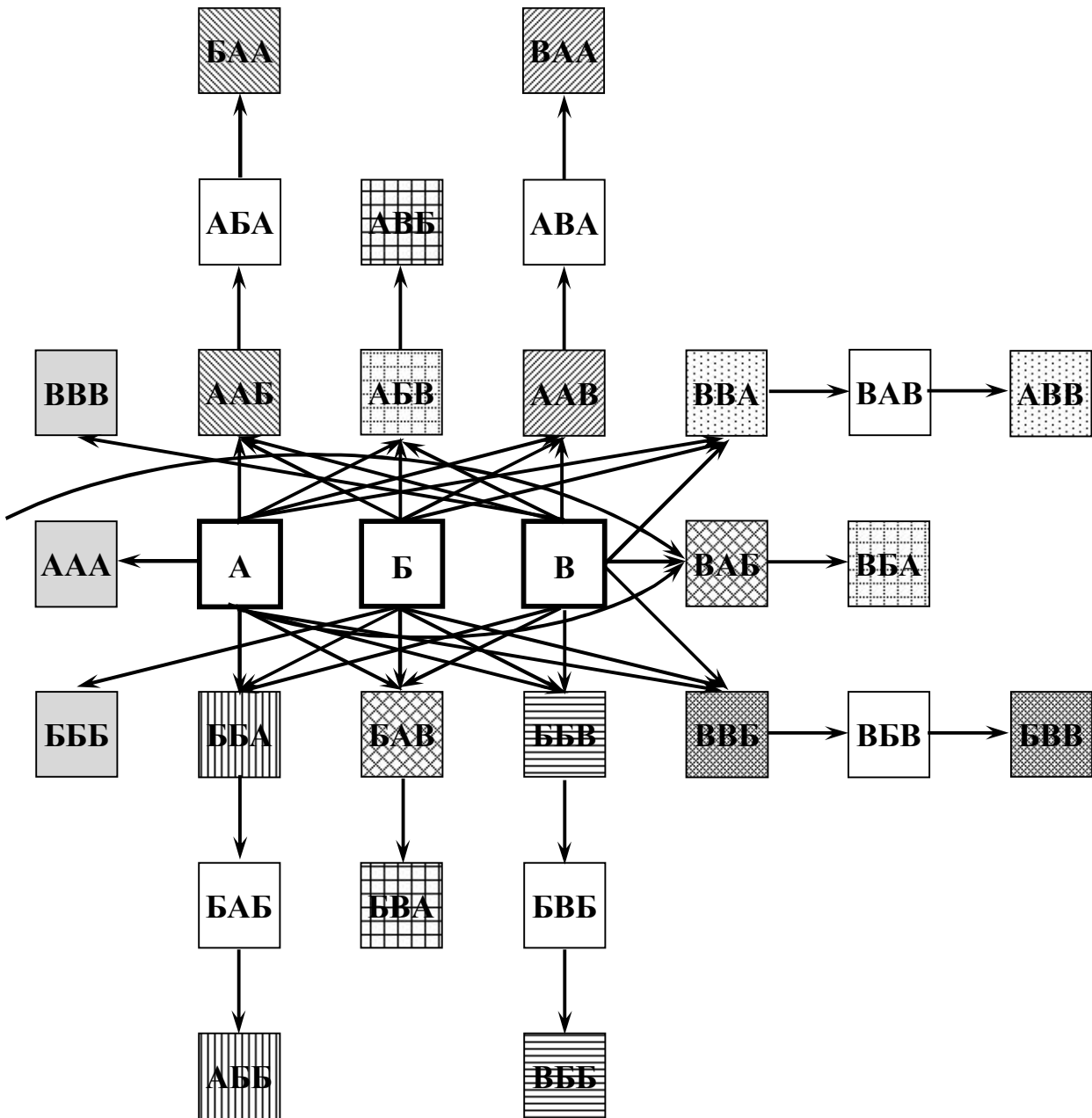


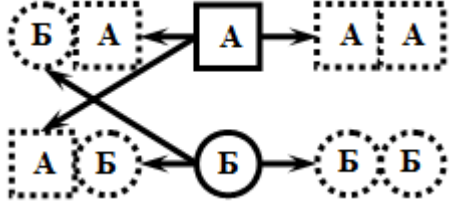
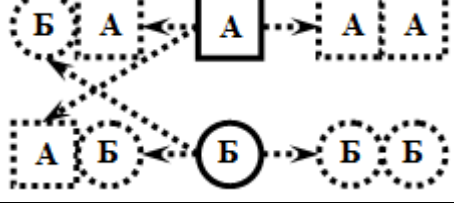
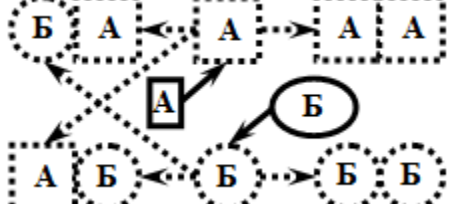
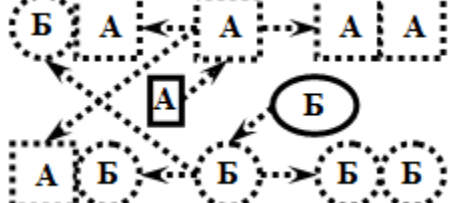
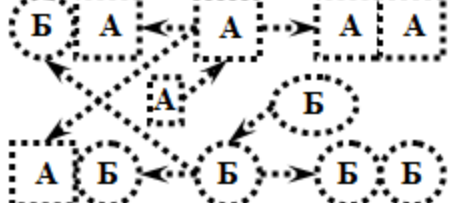
Рисунок 4 – Структурна схема для формування трьохелементних композиційних матеріалів на базі 3-х вхідних речовин

Аналогічним образом можуть бути визначені інші можливі комбінації вхідних і кінцевих структур композиційних матеріалів, використання яких полегшує планування та проведення експериментальних досліджень. Дані структури дозволяють охопити все поле можливих рішень без пропуску будь-якого із реально існуючих варіантів.

**Аналіз можливих варіантів синтезу композиційних матеріалів.** В основу аналізу покладена ієрархія рівнів складності основних типів творчих задач, що розроблена в [2, 5, 6], зміст і структура яких наведена в табл. 1.

Для 1-го рівня складності характерна структура, яка наведена на рис. 1. Такі дослідження становлять певну цікавість для накопичення нових матеріалів та інформації про них, кожний з яких може бути темою винаходу.

Таблиця 1 – Ієрархія рівнів складності основних типів творчих задач та їх сутність

<i>Рівень складності</i>	<i>Характеристика творчих задач даного рівня складності</i>	<i>Компонування блоків і правил їх складання</i>
1	Розв'язувана задача може бути скомпонована з готових вхідних елементів і блоків, але невідомий результат цих компонок і їх комбінацій.	
2	Потрібна компоновка готових вхідних елементів і блоків в комбінації за ще невідомими правилами.	
3	Немає повного набору вхідних елементів і блоків, але є подібні та відомі правила, за якими їх можна перетворити у вхідні.	
4	Немає повного набору вхідних елементів і блоків, але є подібні, а правила, за якими їх можна перетворити у вихідні, невідомі.	
5	Невідомі ні елементи, ні блоки, ні правила, за якими можна сформувати вхідні блоки і правила і їх перетворення, а далі – створити нові (рівень наукових відкриттів).	

Для 2-го рівня складності характерні структури, які наведені на рис. 2 і 3. Такі дослідження становлять певну цікавість для вибору комбінацій і пошуку речовин з кращими властивостями, що може бути темою для наукової статті й атестаційної роботи магістра.

Для 3-го рівня складності характерна структура, яка наведена на рис. 4. Такі дослідження становлять певну цікавість для вибору кращих комбінацій вхідних речовин, що визначають заздалегідь задані властивості кінцевих речовин, утворених на базі різних видів відомих технологій, що може бути темою для кандидатської дисертації.

Для 4-го рівня складності потрібно узагальнення характеристик відомих речовин та процесів їх перетворення в нові, шляхом створення нових технологій, в основу яких можуть бути покладені принципи АРВЗ [6]: навпаки, дроблення, об'єднання, обернути шкоду на користь, перехід в інший вимір, використання побічних ефектів і ресурсів, та ін.

Для 5-го рівня складності потрібне створення нових видів матеріалів з наперед невідомими властивостями і принципово нових технологій їх отримання. Це рівень наукових відкриттів, які можуть внести докорінні зміни в розвиток науки і техніки, що ведуть до утворення нових галузей промислового виробництва.

Слід врахувати, що вхідних і вихідних речовин, характерних для 1–2-го рівнів даної структури, може бути велика кількість, тому створюваних матеріалів буде декілька тисяч. Вони будуть накопичуватися, але вживатися мало, оскільки без системного узагальнення характеристик отриманих властивостей із визначенням локальних екстремумів, не буде вичерпана можливість створення ще кращих матеріалів в даній групі. Тому більш цікавими будуть наукові роботи 3-го рівня, в яких властивості отримуваних композиційних матеріалів будуть наперед задані в залежності до умов їх використання, а найбільш цікавими будуть роботи 4-го рівня, в яких будуть обґрунтовані екстремуми отримуваних властивостей для сгрупованих матеріалів за різними, а ще кріще – за комплексними техніко-економічними показникам.

#### **Загальні висновки по роботі:**

1. Застосування науково-обґрунтованих системних методів створення композиційних матеріалів полегшує вибір вірного шляху проведення досліджень і спрощує їх виконання, особливо на початкових етапах, пов'язаних із вибором теми, мети і завдань досліджень.

2. Додатковими перевагами розроблених структур є вилучення можливості пропуску будь-якого з варіантів комбінацій вхідних і вихідних елементів, а також можливість синтезу нових сполук швидко і в повній кількості існуючих варіантів.

3. Рівень розробок у сфері композиційних матеріалів відповідає 5-ти рівнями складності науково-технічних задач, а саме – від найпростіших, з компонуванням відомих елементів і технологій, до синтезу нових матеріалів з наперед невідомими властивостями на рівні наукових відкриттів, для яких поки що не знайдені, ані компонувальні елементи, ані технології.

4. Запропоновані структури, принципи і прийоми можуть бути рекомендовані для їх використання при розробці нових композиційних матеріалів, а також для виконання в даній сфері наукових досліджень різного рівня складності: винаходів, статей, атестаційних робіт магістрів, кандидатських і докторських дисертацій.

#### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Андерсон Джеймс. Дискретная математика и комбинаторика / Джеймс Андерсон. – М. : Вильямс, 2006. – 960 с.
2. Половинкин А. И. Основы инженерного творчества / А. И. Половинкин. – М. : Машиностроение, 1988. – 368 с.
3. Политехнический словарь / [Под ред. А. Ю. Ишлинский (гл. ред.) и др.]. – М. : Сов. Энциклопедия, 1989. – 656 с.
4. Материаловедение : учебник для высших технических учебных заведений / [Б. Н. Арзамасов, И. И. Сидорин, Г. Ф. Косолапов и др.; под общ. ред. Б. Н. Арзамасова]. – М. : Машиностроение, 1986. – 384 с.
5. Настасенко В. А. Морфологический анализ – метод синтеза тысяч изобретений : монографія / В. А. Настасенко – Херсон : Изд-во Айлант, 2015. – 104 с.
6. Альтшуллер Г. С. Алгоритм изобретения / Г. С. Альтшуллер. – М. : Московск. рабочий, 1973. – 296 с.

#### **REFERENCES**

1. Андерсон Джеймс. Дискретная математика и комбинаторика / Джеймс Андерсон. – М. : Вильямс, 2006. – 960 с.
2. Половинкин А. И. Основы инженерного творчества / А. И. Половинкин. – М. : Машиностроение, 1988. – 368 с.
3. Политехнический словарь / [Под ред. А. Ю. Ишлинский (гл. ред.) и др.]. – М. : Сов. Энциклопедия, 1989. – 656 с.

4. Материаловедение : учебник для высших технических учебных заведений / [Б. Н. Арзамасов, И. И. Сидорин, Г. Ф. Косолапов и др.; под общ. ред. Б. Н. Арзамасова]. – М. : Машиностроение, 1986. – 384 с.

5. Настасенко В. А. Морфологический анализ – метод синтеза тысяч изобретений : монографія / В. А. Настасенко – Херсон : Изд-во Айлант, 2015. – 104 с.

6. Альтшуллер Г. С. Алгоритм изобретения / Г. С. Альтшуллер. – М. : Московск. рабочий, 1973. – 296 с.

**Настасенко В.А. КОМБИНАТОРИКА ДВУХ-, ТРЕХ- И ЧЕТЫРЕХКОМПОНЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ЕЕ АНАЛИЗ**

*В настоящее время созданию новых композиционных материалов и технологий их получения уделяется большое внимание, однако охват всего многообразия возможных их комбинаций без применения научных основ невозможен. Наиболее полно этим требованиям удовлетворяют математическая комбинаторика и системные методы выбора конечных решений. На этой базе проведен анализ типовых решений и структур композиционных материалов, с оценкой их по 5 уровням сложности решаемых задач: от простейших, с компоновкой известных элементов и технологий, до синтеза новых материалов на уровне научных открытий, для которых пока еще не найдены, ни компоновочные элементы, ни технологии. Предложенные структуры, принципы и приемы могут быть рекомендованы для использования при разработках новых композиционных материалов.*

**Ключевые слова:** композиционные материалы и технологии их получения, условия их синтеза и отбора.

**Nastasenko V.A. COMBINATORICS OF TWO-, THREE- AND FOUR-COMPOSITE MATERIALS AND ITS ANALYSIS**

*At present, the development of new composite materials and technologies of their production is given a lot of attention, but the coverage of the whole variety of possible combinations without scientific foundations impossible. The most fully satisfy these requirements combinatorics and mathematical methods for selecting the final system solutions. On this basis, the analysis of standard solutions and structures of composite materials, with an estimate of 5 levels of difficulty of tasks: from simple, with the arrangement of elements and technologies, to the synthesis of new materials at the level of scientific discoveries, which have not yet been found or layout elements nor technology. The proposed structure, the principles and techniques can be recommended for use in the development of new composite materials.*

**Keywords:** composite materials and technologies for their production, their conditions of synthesis and sampling.

© Настасенко В. О.

Статтю прийнято  
до редакції 05.11.15