

УДК 685.34.054

ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛОСКОГО ІНДУКЦІЙНО-ДИНАМІЧНОГО ДВИГУНА

А.К. КАРМАЛІТА, Є.Р. ПИЛЬНИК, Д.В.ПРИБЕГА

Хмельницький національний університет

В статті розглядаються проведені нами експериментальні дослідження плоского лінійного індукційно-динамічного двигуна. Дані дослідження дали змогу знайти оптимальні, з точки зору енерговитрат, параметри індукційно-динамічного двигуна та його джерела живлення

На сьогоднішній день в легкій промисловості існує велика кількість технологічних операцій, що вимагають пресового обладнання із зворотно-поступальним рухом робочих органів. В роботах [1-3] доведено ефективність застосування імпульсного пресового обладнання для виконання технологічних операцій легкої промисловості. Але не зважаючи на значну кількість публікацій про імпульсні електричні двигуни, технологія виконання на них технологічних операцій легкої промисловості може бути удосконалена в напрямку зменшення енерговитрат.

Об'єкт та методи дослідження

Проведений аналіз літературних джерел показав необхідність адаптації індукційно-динамічних двигунів для їх використання в легкій промисловості. Це пов'язано з тим, що для виконання технологічних операцій необхідно досягти відповідного технологічного зусилля при мінімальних енергозатратах. Така властивість ЛІДД, як швидкодія спрацювання та швидкість руху робочих органів не завжди доцільна.

З метою суттєвого зменшення енерговитрат при виконанні технологічних операцій легкої промисловості із застосуванням індукційно-динамічного обладнання, а також оптимізації габаритів та маси приводу потрібно провести дослідження роботи приводу в різних технологічних режимах.

Результати та їх обговорення

В основу експериментальних досліджень покладено завдання визначення сили удару установки. З цією метою нами було спроектовано та виготовлено експериментальну установку на базі ЛІДД, схема якої представлена на рисунку 1.

Експериментальна установка включає в себе: блок вимірювань, силовий блок, комплект вимірювальної апаратури. В блок вимірювань входить: робочий орган – концентратор удару 2, балка 4, на яку наклеєні тензодатчики 5. Перед проведенням експериментальних досліджень датчик тиску було відтаровано за допомогою набору вантажів, вага яких була відома, та визначений тарувальний коефіцієнт $k_{тар}$.

Вимірювання сили удару F установки здійснюється за допомогою тензометрії. Для визначення величини F , концентратор удару наносить удар на вирубну плиту, яка закріплена на балці 4 з наклеєними тензодатчиками 5. Балка 4 встановлена на плиті 3 пресового обладнання 1 деформується під дією удару, при цьому змінює опір тензорезисторів.

Сигнал, який виникає в мостовій схемі, складеній з тензорезисторів, підсилюється з допомогою підсилювача (П) і перетворюється аналого-цифровим перетворювачем (АЦП), що передає інформацію на ЕОМ та фіксується за допомогою спеціально розробленої нами програми «Udar», яка наочно відображає результат та зберігає дані в пам'ять ЕОМ.

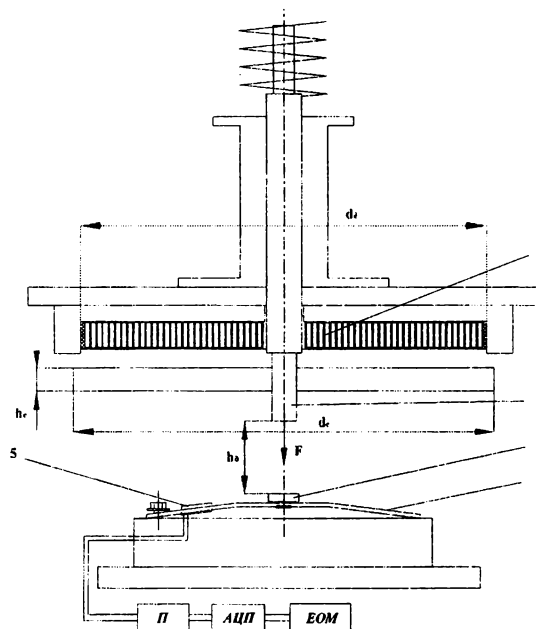


Рис. 1. Схема установки для визначення силових характеристик приводу з плоским індукційно-динамічним двигуном:

d_k - діаметр котушки; d_c - діаметр супутника; h_c - висота супутника; h_p - довжина ділянки розгону супутника; F - сила удару; 1 – пресове обладнання, 2 – концентратор удару, 3 – вирубна плита, 4 – балка, 5 – тензодатчики

В пресовому обладнанні з індукційно-динамічним приводом основним робочим органом являється супутник. На нього діє магнітне поле котушки та саме він взаємодіє з матеріалом. Супутник являє собою плоску струмопровідну пластину, діаметр якої відповідає діаметру котушки. До матеріалу супутника ставляться значні вимоги по електропровідності та теплостійкості [4-7]. Ефективність індукційно-динамічного приводу значно залежить від цих факторів. Чим вища електропровідність матеріалу тим сильніше сконцентроване в повітряному зазорі між супутником та котушкою магнітне поле, яке їх розштовхує. Найбільш для матеріалу супутника підходить мідь відпалена марки М1 [7]. Можна також використовувати і інші матеріали та з високою електропровідністю, такі як мідь, алюміній, магній та ін.. Використання матеріалів з низькою електропровідністю потребує блоку живлення з частотою розряду 60-100 кГц, що в свою чергу значно ускладнює проектування блоків живлення [7].

Розміри супутника також є важливими. По формі та конфігурації супутник повинен відповідати котушці. Це сприяє зменшенню зазору та, відповідно, збільшенню сил відштовхування за рахунок більшої напруженості магнітного поля. Товщина супутника визначається еквівалентною глибиною «скін-слоя» (оптимальний варіант) [4].

При великих швидкостях наростання напруженості магнітного поля протягом короткого проміжку часу і при високій електропровідності тіла супутника глибина проникнення магнітного поля в провідник обмежується невеликим зовнішнім поверхневим шаром.

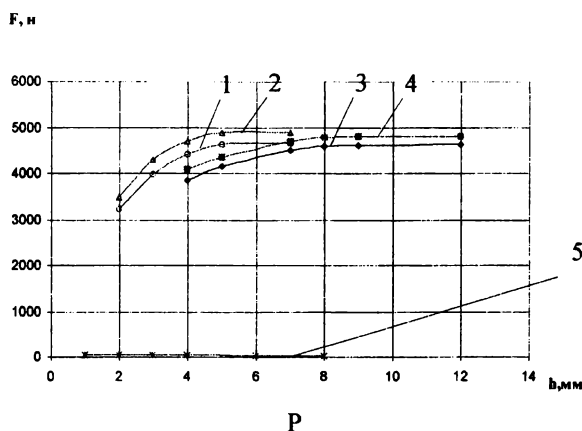
Таким чином, індукований електричний струм концентрується переважно біля поверхні і поступово затухає по мірі проникнення по товщині провідника (явище «скін-ефекту»).

Оскільки весь струм концентрується близько поверхні провідника, «скін-ефект» викликає зростання його опору, ефективна площа поперечного перетину зменшується, і зменшується індуктивність в результаті зниження енергії магнітного поля.

Задля уникнення значного нагрівання супутника дослідна установка має відносну невелику (0,9 кГц) частоту розрядного струму, але при цьому магнітне поле проникає на більшу глибину у супутник. Щоб дослідити проникнення поля по товщині, були проведені відповідні дослідження впливу товщини супутника на силу відштовхування.

Для проведення експериментальних досліджень було виготовлено три набори дисків з міді М1, алюмінію Д16М та сталі марки Сталь 3. Товщиною 2, 3, 4, 5, 7 мм для міді, від 4, 5, 7, 8, 9, 12 для алюмінію та від 1, 2, 3, 4, 6, 8 мм для сталі. Досліди проводились при напрузі заряду конденсаторної батареї 160 та 180 В.

За результатами експериментальних досліджень побудовано залежності сили удару від товщини супутника рисунк 2.



ис. 2. Залежність сили удару від товщини супутника:

1 – диск мідний, напруга заряду конденсаторів 160 В; 2 – диск мідний, напруга заряду конденсаторів 180 В; 3 – диск алюмінієвий, напруга заряду конденсаторів 160 В; 4 – диск алюмінієвий, напруга заряду конденсаторів 180 В; 5 – сталі диски напруга заряду конденсаторів 180 В

Криві 1 та 2, (рис. 2), відображають силу виштовхування мідного супутника. Аналіз даних залежностей показав, що при використанні дисків товщиною менших за 5 мм спостерігається зменшення сили виштовхування супутника. Це пояснюється тим, що магнітне поле проникає крізь супутник тим самим використовується лиш частина енергії поля. Використання дисків товщиною понад 5 мм не дає збільшення сили відштовхування супутника від котушки. Отже глибина проникнення магнітного поля, при частоті розряду блоку живлення 0,9 кГц та використанні супутника з міді, не перевищує 5мм.

При дослідженні алюмінієвих супутників (криві 3 та 4 рис. 2), також відмічається проникнення магнітного поля через тіло супутника при товщині до 8 мм.

Більша глибина проникнення, у порівнянні з мідним супутником, пояснюється нижчою електропровідністю алюмінію. Слід також відмітити, що максимальна сила виштовхування алюмінію менша ніж міді, при однакових енергозатратах, через більші втрати на нагрівання супутника.

Через низьку електропровідність металевих дисків [7] сила їх виштовхування значно менша у порівнянні з супутниками з міді та алюмінію (рис. 2 залежність 5). Тому їх використання є недоцільним.

Наступний етап досліджень був направлений на те, щоб знайти оптимальне співвідношення розмірів котушки та супутника. Відомо, що коли розміри супутника та котушки не співпадають, у супутнику виникає радіальна складова сили [4]. У випадку коли діаметр супутника d_c більший за діаметр котушки d_k , радіальна сила намагається розірвати супутник і навпаки коли діаметр котушки більший за діаметр супутника радіальна складова намагається стиснути останній.

Експеримент, по визначенню впливу діаметру супутника на силу його виштовхування в напрямку від індуктора проводився наступним чином. Було виготовлено набір супутників різного діаметру з однакового матеріалу та однакової товщини. Матеріал супутників алюміній марки Д16М. Діаметр d_c (рис. 1) варіювався від 180 мм до 250 мм з кроком 10 мм. Товщина h_c незмінна і становила 8 мм, що відповідає оптимальному значенню. Заміри проводились при незмінних характеристиках джерела живлення, а саме напруга заряду та ємність конденсаторної батареї залишалися постійними. За результатами експериментальних досліджень побудовано залежність, яка представлена на рис. 3.

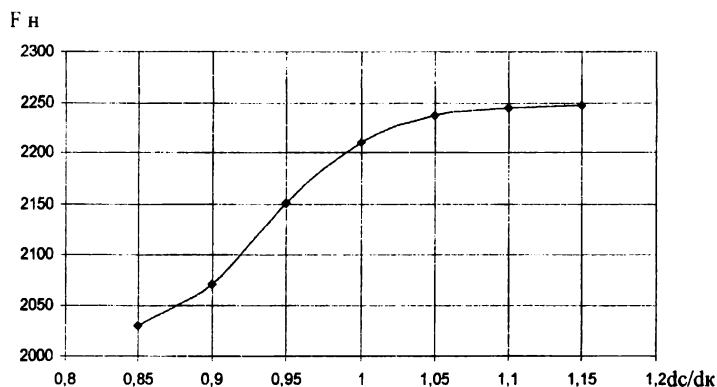


Рис. 3. Залежність сили удару від співвідношення діаметру супутника та діаметру котушки

У випадку коли співвідношення діаметру супутника до діаметру котушки найменше сила виштовхування між ними також є найменшою. Це обумовлено тим, що частина магнітного поля котушки є незадіяним і розсіюється в просторі. Також відмічено, що в цьому випадку виникає радіальна сила, яка намагається стиснути диск та погіршує ККД приводу [4]. При збільшенні співвідношення спостерігаємо збільшення сили виштовхування. Незначне збільшення відмічено і у випадку коли діаметр супутника більший за діаметр котушки. Це пояснюється наявністю красивого ефекту, тобто розсіювання поля супутника за його межі. Проте, після збільшення співвідношення d_c/d_k (рис. 1) на 0,1 зростання припиняється, так як дія кураєвого ефекту на такій відстані значно слабша. Також частина енергії витрачається на створення радіальної сили, що намагається розірвати супутник. Подальше збільшення діаметру супутника не дає збільшення сили виштовхування, а проводить лише до збільшення аеродинамічного опору та збільшення радіальної складової сили.

Маса супутника та з'єднаних з ним деталей приводу є одним з найголовніших чинників, які впливають на характеристики індукційно-динамічного двигуна. Енергія, яка запасасться у рухомих частинах приводу залежить від квадрату швидкості та їх маси $E_x = \frac{m \cdot V^2}{2}$. Виходячи з цього, щоб збільшити енергію, яка в подальшому піде на виконання технологічної операції, необхідно максимально збільшити ці величини. Оскільки залежність від швидкості квадратична доцільніше збільшувати саме її. Швидкість можна збільшити двома способами: перший - збільшити напругу заряду конденсаторної батареї; другий - зменшити масу рухомих частин.

Для того, щоб супутник зумів розігнатися до максимальної швидкості необхідно забезпечити відповідну ділянку розгону. Відстань до об'єкта обробки не повинна бути занадто великою оскільки на рухомі частини діють також сили опору (сила тертя, сила стискання пружини, аеродинамічний опір тощо) які сповільнюють їх рух.

Тому визначення оптимальної маси та ділянки розгону є важливим етапом дослідження параметрів індукційно-динамічного приводу.

Для проведення експерименту було вибрано три фактори: напруга, маса рухомих частин та розгін. В першу чергу було встановлено область експерименту на основі попередніх досліджень. В області експерименту встановимо основні рівні та інтервали варіювання факторів Експеримент проводився при напрузі 120В – 200В, масі від 1,2 кг до 13 кг, розгоні h_p (рис 1) від 0мм до 10мм.

За результатами експерименту було побудовано графічні залежності, які приведено нижче.

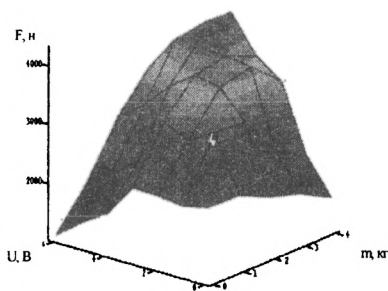


Рис. 4. Залежність сили удару від напруги заряду конденсаторів та маси рухомих частин, при розгоні 0 мм.

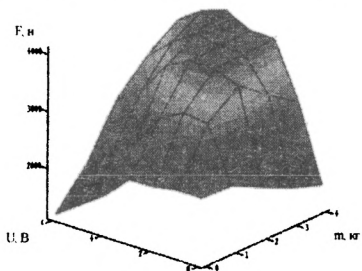
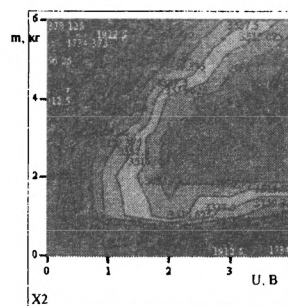
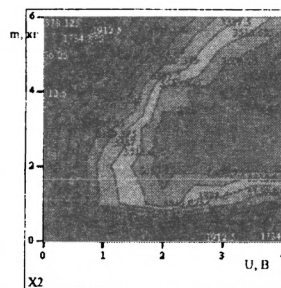


Рис.5. Залежність сили удару від напруги заряду конденсаторів та маси рухомих частин, при розгоні 2,5 мм.



Топографічна залежність



Топографічна залежність

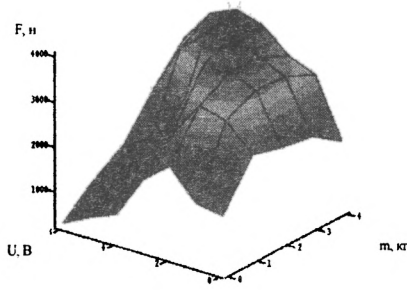


Рис.6. Залежність сили удару від напруги заряду конденсаторів та маси рухомих частин, при розгоні 5 мм.

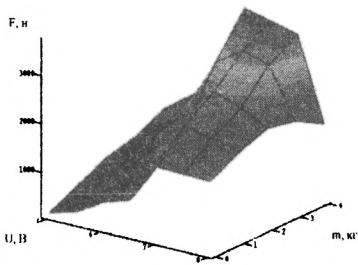


Рис.7. Залежність сили удару від напруги заряду конденсаторів та маси рухомих частин, при розгоні 7,5 мм.

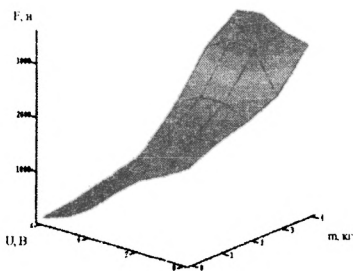
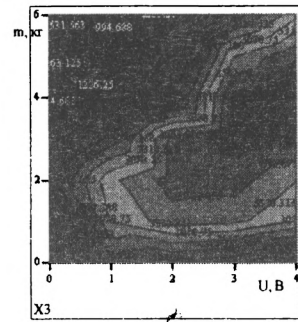
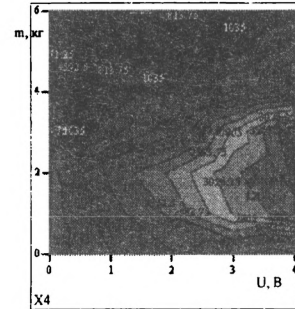


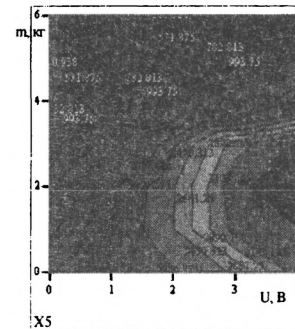
Рис.8. Залежність сили удару від напруги заряду конденсаторів та маси рухомих частин, при розгоні 10 мм.



Топографічна залежність



Топографічна залежність



Топографічна залежність

Аналіз площин приведених на рис. 4-8 показав, що із збільшення напруги заряду батареї конденсаторів енергія накопичена в рухомих частинах приводу зростає. Збільшення кінетичної енергії рухомих частин приводу при незмінній масі свідчить про збільшення швидкості. Це пояснюється тим, що швидкість виштовхування супутника залежить від швидкості наростання розрядного струму, який в свою чергу залежить від напруги заряду конденсаторної батареї [4]. Відповідно, збільшуючи напругу збільшимо напруженість магнітного поля в зазорі між супутником та котушкою, що призведе до збільшення швидкості виштовхування рухомих частин приводу.

Для досягнення максимальної швидкості маса рухомих частин повинна бути якомога меншою, але мінімальна маса обмежена оптимальними розмірами супутника та з'єднаних з ним деталями приводу. Це обумовлює певну межу максимальної швидкості руху супутника для даної установки. Ще одним чинником, який обмежує максимальну швидкість є те, що при значних швидкостях супутник досить швидко віддаляється від котушки і може вийти за межі магнітного поля котушки ще до досягнення його максимуму, що неодмінно призводить до зменшення сили удару.

Це можна чітко прослідкувати розглянувши графічні залежності рисунках 4-8. Наприклад на площині рис. 5 видно, що у випадку коли маса супутника незначна, приріст енергії удару установки не відбувається при зростанні напруги (на топографії зона відмічена темно синім кольором). Оскільки супутник передчасно покидає магнітне поле, в наслідок чого лєвова частка енергії, підведеної до котушки, буде розсіюватись у навколишньому середовищі. Звідси слїдує, що максимальна швидкість не завжди відповідає максимальному ККД приводу.

Із поступовим збільшенням маси рухомих частин приводу відмічається збільшення енергії удару до певного максимуму (наприклад для напруги 200В зона максимуму на топографії рис. 6 відмічена червоним кольором). В цій точці ККД приводу максимальне для даної напруги та ділянки розгону. Подальше збільшення маси призводить до погіршення характеристик приводу. Це пояснюється тим, що супутник стає більш інертним і довший час перебуває у магнітному полі котушки. При цьому збільшуються активні втрати в контурі і як наслідок ККД погіршується. Оптимальна маса збільшується разом з зростанням напруги.

Аналіз площин показав, що величина ділянки розгону h_p (рис. 1) рухомих частин впливає на ефективність приводу. На рисунку 9 приведено залежність, яка характеризує вплив величини ділянки розгону супутника на силу удару. Точки на кривій відповідають максимумам отриманим при однаковій напрузі і оптимальній масі.

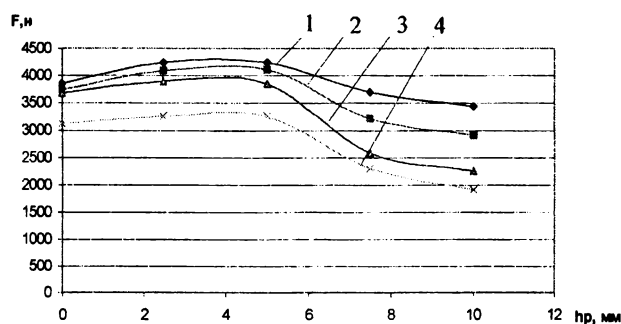


Рис. 9. Залежність максимальної сили удару установки від величини ділянки розгону рухомих частин при їх оптимальній масі:

1 – напруга заряду конденсаторів 200 В; 2 – напруга заряду конденсаторів 180 В; 3 – напруга заряду конденсаторів 160 В; 4 – напруга заряду конденсаторів 140 В

Для того, щоб супутник зумів розігнатися до максимальної швидкості необхідно забезпечити відповідну ділянку розгону. Проте відстань до об'єкта обробки не повинна бути занадто великою оскільки на рухомі частини діють також сили опору які сповільнюють їх рух. Відповідно до залежності на рис. 9 оптимальний розгін становить 2,5 - 5 мм при оптимальній масі рухомих частин приводу. Подальше збільшення ділянки розгону призводить до погіршення показників приводу.

Висновки

Проведені експериментальні дослідження дали змогу встановити оптимальні геометричні параметри супутника (діаметр та товщина). Встановлено оптимальну масу рухомих частин приводу при різній напрузі заряду блоку живлення, а також оптимальне значення зазору між супутником та інструментом. Все це дасть змогу значно підвищити зусилля дії приводу при незмінному енергоспоживанні.

ЛІТЕРАТУРА

1. О.С. Поліщук, Є.Р. Пильник, Д.В. Прибега, А.К. Кармаліта Перспективи застосування лінійних індукційно-динамічних двигунів в якості приводу пресового обладнання для виконання технологічної операції вирубування деталей взуття // Вісник Технологічного університету Поділля. – 2006. – №2. Т.2 – С.94 -97.
2. Д.В. Прибега, А.К.Кармаліта, О.С. Поліщук Фізична модель процесу вирубування деталей взуття на магнітно-імпульсній установці // Вісник Технологічного університету Поділля. – 2003. – №1. – С.178 -180.
3. Є. Р. Пильник, А. К. Кармаліта, Д. В. Прибега Фізична модель процесу перфорування деталей верху взуття на індукційно-динамічній установці // Вісник Технологічного університету Поділля. – 2007. – №5. – С. 35 -37.
4. Семенович М.Л. Магнитно-импульсный (индукционно-динамический) высокоскоростной привод для устройств испытания изделий на ударное воздействие: Дис. степ. канд. техн. наук: 05.02.02 – В., 2003.
5. Батигін Ю.В., Лавінський В.І. магнитно-импульсная обработка тонкостенных металлов. – Харьков 2002.
6. Батигін Ю.В., Лавінський В.І., Хименко Л.Т. Импульсные магнитные поля для прогрессивных технологий Харьков, 2003.
7. Белый И.В., Фертик С.М., Хименко Л.Т. справочник по магнитно-импульсной обработке металлов. – Харьков «Вища школа» 1977.

Надійшла 08.07.2010

УДК 685.3.082

ЗАСТОСУВАННЯ ЕВОЛЮЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ПОБУДОВІ РАЦІОНАЛЬНИХ РОЗКРІЙНИХ СХЕМ НА РУЛОННИХ МАТЕРІАЛАХ

О.З. КОЛИСКО

Київський національний університет технологій та дизайну

В роботі розглядається застосування генетичного алгоритму, що є поєднанням методик перебору та градієнтного спуску, для побудови раціональних розкрійних схем на рулонних матеріалах в шкіргалантерейній промисловості. Представлено особливості даної модифікації генетичного алгоритму для побудови розкрійних схем. Отримана в результаті схема буде одним з найкращих раціональних розв'язків

Розв'язок оптимізаційних задач розкрою завжди буде актуальним в усіх галузях промисловості. Це задачі цілочисленого програмування великого розміру, тому ефективних точних методів розв'язання цієї задачі не існує. Через це відбувається модернізація стратегій, концепцій, алгоритмів і методів розв'язку оптимізаційних задач. Перспективним напрямком є застосування альтернативних принципів і моделей різних еволюцій: Ч.Дарвіна («виживає найсильніший»), Ж.Ламарка («наслідування позитивних ознак»), К.Поппера («проб і помилок»), М.Кімури («нейтральний відбір») і т. ін. та їх комбінацій.