

УДК 621.01:67/68

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАДАЧ СИНТЕЗУ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Воляник О.Ю., кандидат технічних наук, доцент
Київський національний університет технологій та дизайну

Михалко А.О., кандидат технічних наук, доцент
Київський національний університет технологій та дизайну

Горбатюк Є.М., аспірант
Київський національний університет технологій та дизайну

Ключові слова: технічна система, легка промисловість, синтез, оптимізація, мехатронна система.

Легка промисловість належить до галузей, у яких технічні системи повинні забезпечувати не лише високу продуктивність, а й точність, стабільність та делікатність взаємодії з матеріалом. Це зумовлено тим, що в процесах виготовлення швейних, трикотажних, взуттєвих, шкіряно-галантерейних та інших виробів оброблювані матеріали характеризуються складними фізико-механічними властивостями, зокрема анізотропією, податливістю до деформацій, пружно-в'язкою поведінкою, неоднорідністю структури та чутливістю до режимів навантаження. За таких умов ефективність технічної системи визначається не лише досконалістю її конструкції, а й здатністю забезпечувати раціональну взаємодію робочих органів із матеріалом, стабільність технологічного процесу та належну якість готової продукції.

Для технічних систем легкої промисловості характерною є низка особливостей, що безпосередньо впливають на постановку задач синтезу й оптимізації. По-перше, значна частина технологічних процесів пов'язана з обробленням гнучких, схильних до деформації і неоднорідних матеріалів, поведінка яких у зоні контакту з робочими органами є складною та часто нестабільною. По-друге, багато машин працюють у високошвидкісних циклічних режимах, що зумовлює підвищені вимоги до кінематики, динамічної рівноваженості, плавності руху та зменшення вібрацій. По-третє, сучасне виробництво дедалі більше орієнтується на гнучкість, швидке переналагодження та адаптацію до змін асортименту продукції, що підвищує роль автоматизації та інтелектуалізації обладнання. Усе це обумовлює необхідність розгляду технічної системи легкої промисловості як складного багатофакторного об'єкта, для якого задачі синтезу й оптимізації повинні формуватися на основі системного підходу.

Під синтезом технічної системи доцільно розуміти процес формування її структури, складу елементів, функціональних зв'язків між ними та основних параметрів, необхідних для реалізації заданого технологічного процесу. Оптимізація, своєю чергою, передбачає пошук таких рішень, за яких забезпечується найкраще співвідношення між продуктивністю, якістю технологічної операції, енергоефективністю, надійністю, ресурсом і вартісними показниками. Для обладнання легкої

промисловості ці процеси є тісно взаємопов'язаними, оскільки вибір структури технічної системи визначає можливі режими її роботи, а результати оптимізації дають змогу оцінити доцільність обраної конструктивної схеми.

Узагальнення дає змогу подати основні задачі синтезу та оптимізації технічних систем легкої промисловості у вигляді класифікації, наведеної в табл. 1.

Таблиця 1
Основні задачі синтезу та оптимізації технічних систем легкої промисловості

Тип задачі	Зміст	Очікувані результати
Структурний синтез	Формування принципової схеми системи, складу модулів, типів зв'язків	Вибір структури машин для подачі, формоутворення, транспортування та контролю
Параметричний синтез	Визначення геометричних, кінематичних, силових, енергетичних параметрів	Узгодження параметрів механізмів із властивостями текстильних, шкіряних, полімерних матеріалів
Кінематична та динамічна оптимізація	Зменшення нерівномірності руху, вібрацій, інерційних та ударних навантажень	Підвищення плавності роботи, довговічності та стабільності технологічного процесу
Технологічна оптимізація	Узгодження режимів роботи з вимогами технологічної операції	Підвищення якості виробу, зменшення дефектів, відходів і пошкоджень матеріалу
Енергетична та економічна оптимізація	Зниження енерговитрат, матеріаломісткості та експлуатаційних витрат	Підвищення ресурсощадності й конкурентоспроможності обладнання
Синтез та оптимізація систем керування	Вибір структури керування, датчиків, законів регулювання	Забезпечення точності, адаптивності, стійкості та гнучкості функціонування

Насамперед доцільно виокремити задачі структурного синтезу, які передбачають обґрунтування принципової схеми технічної системи, визначення складу її функціональних модулів, типу приводу, способу передачі руху, компоновальної структури робочих органів, а також засобів контролю та керування. Для технічних систем легкої промисловості саме на цьому етапі закладаються функціональні властивості обладнання, його адаптивність до оброблення матеріалів із різними фізико-механічними характеристиками та потенціал подальшого конструктивного вдосконалення.

Наступну групу становлять задачі параметричного синтезу, зміст яких полягає у визначенні геометричних, кінематичних, силових, динамічних, енергетичних параметрів системи. Для обладнання легкої промисловості принципового значення набуває узгодження зазначених

параметрів із властивостями оброблюваних матеріалів, оскільки їх невідповідність може спричиняти деформації, локальні пошкодження, порушення взаємного положення деталей, зниження точності позиціонування та погіршення показників якості технологічної операції.

Суттєве місце в загальній системі проєктних задач займають задачі кінематичної та динамічної оптимізації, особливо актуальні для машин циклічної та високошвидкісної дії. Їх розв'язання спрямоване на зменшення нерівномірності руху, інерційних навантажень, динамічних реакцій у кінематичних парах, рівня коливань, вібрацій і шуму. Для технічних систем легкої промисловості це має визначальне значення, оскільки динамічна недосконалість механізмів негативно впливає як на довговічність обладнання, так і на стабільність перебігу технологічного процесу.

Окрему групу формують задачі технологічної оптимізації, пов'язані із забезпеченням раціональної взаємодії технічної системи з матеріалом у межах конкретної технологічної операції. У межах цієї групи оцінюються та оптимізуються точність і стабільність виконання процесу, якість формоутворення, рівень дефектності, величина відходів, а також імовірність пошкодження матеріалу. Для легкої промисловості такі задачі є особливо важливими, оскільки якість готової продукції значною мірою визначається параметрами контактної та силової взаємодії робочих органів із матеріалом.

Самостійне значення мають задачі енергетичної та економічної оптимізації, спрямовані на зниження енерговитрат, матеріаломісткості, маси конструкції, експлуатаційних витрат і собівартості функціонування обладнання. При цьому оптимізаційний пошук повинен здійснюватися з одночасним урахуванням показників надійності, довговічності, ремонтпридатності та ресурсу, що визначають ефективність використання технічної системи впродовж усього життєвого циклу.

В умовах розширення сфер застосування автоматизованих і мехатронних рішень особливої актуальності набувають задачі синтезу та оптимізації систем керування, які охоплюють вибір структури керувальної підсистеми, типів датчиків, законів регулювання, алгоритмів оброблення сигналів і корекції параметрів процесу. Для технічних систем легкої промисловості саме ця група задач значною мірою визначає точність, адаптивність, стійкість та функціональну гнучкість обладнання в умовах змінних характеристик матеріалів і виробничих режимів.

Більшість наведених задач не можуть бути ефективно розв'язані в межах однокритеріального підходу. Для технічних систем легкої промисловості підвищення продуктивності часто супроводжується зростанням динамічних навантажень, зниження енерговитрат може вступати в суперечність із вимогами щодо точності та стабільності, а підвищення жорсткості конструкції нерідко призводить до збільшення маси й інерційності. Крім того, прагнення мінімізувати собівартість не повинно погіршувати якість технологічної операції та довговічність

обладнання. Саме тому в основу сучасного підходу до розроблення технічних систем легкої промисловості доцільно покласти багатокритеріальну оптимізацію, яка забезпечує пошук компромісних рішень за сукупністю технологічних, конструктивних, динамічних, енергетичних і економічних критеріїв.

Логічний взаємозв'язок між етапами постановки задач під час проєктування технічної системи легкої промисловості наведено на рис. 1.

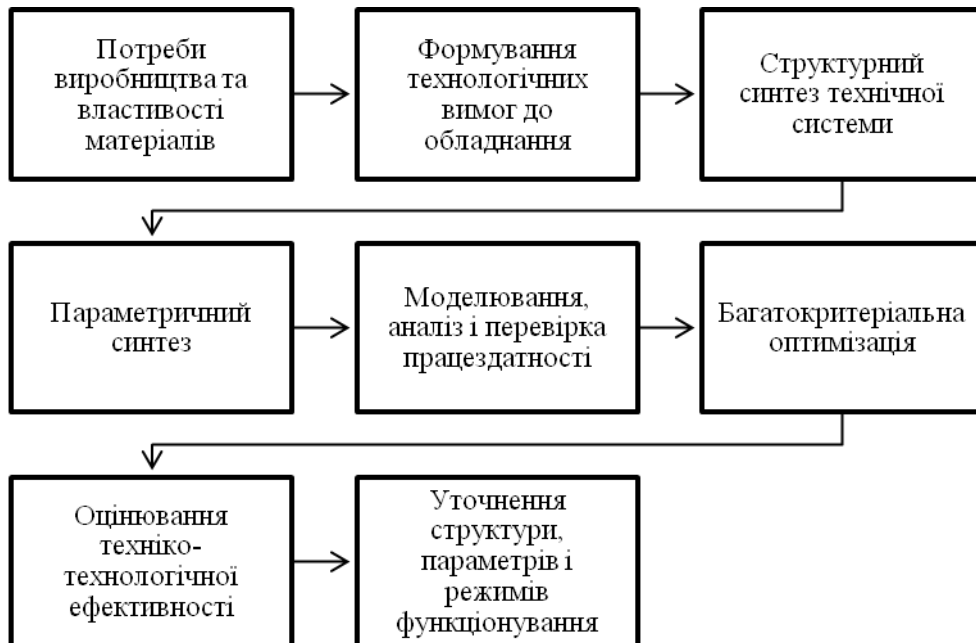


Рисунок 1 – Алгоритм постановки задач синтезу та оптимізації технічної системи легкої промисловості

Таким чином, визначення задач синтезу та оптимізації технічних систем легкої промисловості формує методологічну основу для системного проєктування обладнання нового покоління. Запропонований підхід дозволяє впорядкувати етапи розроблення технічних рішень, встановити взаємозв'язки між структурними, параметричними та технологічними характеристиками системи, а також обґрунтувати вибір критеріїв ефективності з урахуванням галузевих особливостей.

Список використаних джерел

1. Математичний та комп'ютерний аналіз систем і технологічних процесів. Т 2: монографія. / В. Ю. Щербань, Ю. Ю. Щербань, О. Ю. Воляник та ін. – Київ : ТОВ Фастбінд Україна, 2024. – 704 с.

2. Mohamed, N., Bilel, N., Affi, Z., & Romdhane, L. (2017). Multi-objective robust design optimization of the mechanism in a sewing machine. *Mechanics & Industry*, 18(6), 606.

3. Development of Innovative Digital Technologies in Manufacturing / Horbatiuk Ye., Volianyk O. // Actual problems of modern science : monograph / edited by S. Matiukh, J. Musial, O. Polishchuk, M. Macko. – Bydgoszcz, Poland : Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy ; Khmelnytskyi, Ukraine : Khmelnytskyi National University, 2024. – P. 264-270.