

В.А. Шабайкович, д.т.н., проф.
Жешівська політехніка, Польща

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕХАНОСКЛАДАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ІННОВАЦІЙ

Зроблена спроба описання механізму створення інноваційних технічних рішень. Процес може бути представлено багаторівневою ієрархічною системою взаємозалежних етапів розробки. Описано механізм інноваційного рішення та приклад конструкторської розробки. Поміщені відомості про деякі інноваційні технологічні розробки майбутнього комп'ютерно-інтегрованого виробництва.

Вступ. При інноваційному підході до технічного рішення в механоскладальному виробництві використовується технічний аналіз і синтез ситуації, у якій відомі аналоги, прототип, і потрібно вирішити поставлену проблему, тобто одержати інноваційне конструкторське, технологічне чи організаційне рішення. Оскільки в реальних умовах виробництва діє безліч чинників, то механізм такого рішення надзвичайно складний. Майстерністю виконання інноваційного рішення можна опанувати тільки в результаті власної практики, однак для цього потрібна відповідна теоретична підготовка, спрямована на вміння пошуку принципово нових рішень, і обізнаність у практичних прикладах їх використання в обраній галузі діяльності. Відсутні публікації про механізм та методику одержання таких рішень. Роботи з теоретичних основ технічних інновацій тільки починаються: так, в Англії тільки в 1997 році був відкритий інноваційний виробничий центр, але в багатьох країнах вони взагалі майже відсутні, а якщо і є, то займаються іншими питаннями. В основі появи інноваційних рішень лежать два чинники: зажадати (*market-pull*) та технологічний імпульс (*technology-push*), котрим в цілому притаманний не тільки закономірний, але і випадковий характер. Це особливо стосується макроінновацій, котрі є загальними, одноразовими та неповторними. Мікроінновації, до яких належать інноваційне конструкторське та технологічне проектування, є наслідком деякої розробки макроінновацій. Відчутні результати інноваційного процесу можуть бути досягнуті лише при достатньому цільовому фінансуванні. Так, в США на розвиток науки і техніки виділяється близько 3,5 % національного прибутку, Англія витрачає 2,4 %, Німеччина – 2,6 %. Можна з впевненістю зауважити, що в країнах, які виділяють на ці цілі менше 1 % цілком покладаються на випадковість і в такому випадку не мають цінних шансів на успіх.

Викладення основного матеріалу. Інноваційне рішення відрізняється від нового технічного додатковим ефектом. Структурно інноваційний додатковий ефект формується на окремих етапах проектування і складається з одержуваних нових ефектів взаємозв'язку відомих і нових елементів. Технічні складальні рішення в загальному окреслюються трьома групами: конструкторськими, технологічними та організаційними. Технологічні рішення охоплюють складальну технологію, конструкторські – технологічне устаткування й оснащення, а також частково виріб, а організаційні – реалізацію складальних процесів у просторі й у часі. Для цих груп загальним є схема взаємозв'язків (рис. 1). Приступаючи до рішення, встановлюються відомі аналоги, при цьому вони можуть і не належати безпосередньо до обробки чи складання, але там повинні бути подібні елементи рішень з інших галузей.

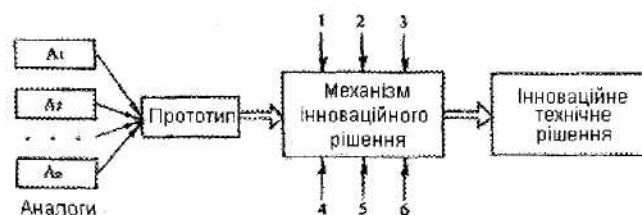


Рис. 1. Схема взаємозв'язків отримання інноваційного технічного рішення

Потім вибирається прототип, тобто найбільш близький аналог. При цьому можливе використання комплексного (збірного) умовного прототипу, на базі якого передбачається одержати

істотно нове рішення. Його отримання забезпечується механізмом творення інноваційних складальних рішень. Вважається, що традиційне рішення може мати добрі техніко-економічні показники, але патомість інноваційне – ще кращі. Таке рішення взагалі не повинне мати прямого прототипу. Незважаючи на очевидні переваги застосування інноваційних рішень, проблемі ще не приділяється належної уваги.

Механізм утворення механоскладальних інноваційних рішень може розглядатися як „чорна скринька”, на вхід якої подається інформація про прототип, аналоги, а на виході одержується інноваційне рішення. При цьому впливають принаймні дві групи факторів: пов'язані з загальним рівнем технічного розвитку механоскладального виробництва 1, інформованістю 2, доступними засобами 3 і людським фактором (обсяг знань 4, методологія 5 і рівень логічного технічного мислення 6). Взаємозв'язок зазначених факторів не вивчено, хоча кожний з них окремо добре відомий. Особливо зрозумілий зв'язок логічного мислення проектувальника з обсягом знань і використовуваною методологією. Відомо безліч випадків, коли є досить великий обсяг знань, що відповідає сучасному рівню розвитку техніки в даній галузі, використовуються сучасні методології, але інноваційного рішення питання не знаходиться. Очевидно секрет криється в структурі логічного технічного мислення та співвідношенні між його рівнями та окремими елементами. Проектувальник просто виявляється нездатним до одержання інноваційних рішень. Нашевно він їх просто не бачить. Аналізуючи психологічну сторону цієї проблеми, можна припустити, що є також люди, котрі гальмують будь-яке нове рішення, причому навіть підсвідомо. Як відомо, їх називають консерваторами. Історія розвитку техніки насичена прикладами з тієї й іншої сторони, однак новаторів чомусь значно менше. Навколо новатора утворюється оточення консерваторів, котре піби навіть «підживлюється» його енергією для виконання гальмівної роботи.

Загальна блок-схема виявлення, розробки та впровадження інноваційного рішення (рис. 1, 2) передбачає виконання ряду етапів, котрі згруповані в три групи: передінноваційні, власне інноваційні та експериментально впроваджувальні. Встановлення об'єкту інноваційної технічної розробки проводиться при аналізі конкретної ситуації механоскладального виробництва. Найчастіше це бувають “вузькі місця” при забезпеченні тих чи інших показників якості виробів, хоча можливі й інші причини, пов'язані з інженерною чи навіть неінженерною діяльністю. Загалом все це прямо пов'язано з технічним прогресом: прагненням до нового, невідомого, допитливістю, хобі й т.ін. Перед усім конкретизується завдання, тобто реальні ситуації рідко бувають чіткими з причини складної взаємодії з навколишнім середовищем. Далі збирається інформація, котра є необхідною для процесу виконання інноваційного рішення, визначаються аналоги і прототип. У поняття інформації входить все необхідне, як теорія, так і практика. Важко собі уявити, що така інформація збиратиметься з нуля, передбачується, що якийсь обсяг інформації проектувальник усе ж таки має. Тому мова найчастіше йде про її поповнення. Багато подібних рішень можна знайти в інших галузях, а особливо у природі “невичерпний косяк”. Це кропіткий пошук, але часто може виявитися дуже корисним. При встановленні додаткового ефекту проводиться співставлення з необхідними затратами на його досягнення. Якщо такі затрати значні, то додатковий ефект коректується в напрямку його зменшення чи вибору інших способів досягнення. Встановлення можливих напрямків інноваційного прориву виконується на основі більшої чи меншої подібності окремих елементів рішення, тобто наявної подібності окремих елементів пошукового рішення до відомих. Однак тут слід пам'ятати про піонерські рішення, яких надзвичайно мало, тобто можна спробувати свої сили, але при серйозних утрудненнях необхідно буде повертатися до більш знайомого шляху. Тільки після цього проводиться попереднє коректування поставленої задачі та мети майбутньої інноваційної розробки. Лише дослідне впровадження інноваційного рішення та його кінцеве коректування дозволяє здійснити його виробниче впровадження.

Розробка інноваційного технічного рішення пайбільш скомплексована і складається із своїх етапів (рис. 2, 3). Спочатку складається детальна принципова схема прототипу з визначенням усіх функцій і дій. Процес трохи ускладнюється при наявності комплексного, умовного прототипу, у якому окремі функції чи навіть їх елементи взяті з різних прототипів. При такому підході у визначених умовах комплексний прототип уже сам по собі може становити інноваційне рішення, котре просто необхідно довести до розуму. Однак такі випадки рідкі, тому що найчастіше виникає справа зі штучно створеним монстром, необхідним для пошуку інноваційного рі-

шення. Відомо також, що сума ефектів окремих складових у дійсно інноваційному рішенні не створює пового додаткового ефекту.

Після виявлення недоліків прототипу, котрі підлягають усуненню в інноваційному рішенні, виконується їхня градація за складністю усунення. Можливо, що частину недоліків і не вдасться усунути, але це повинно бути технічно та економічно обґрунтовано. Хоча відомо, що перехід на нетрадиційне мислення, використання нових способів і навіть погляд на проблему з іншого боку дозволяють усувати будь-які недоліки. Найбільш складним є формування моделі ідеального інноваційного рішення. Взагалі, побудова моделей – це майстерність, яка також дана не кожному. Оскільки ситуація, що аналізується, має багато особливостей, тому необхідно стежити за її адекватністю до реальних умов. Тут додатково було б корисним знання теорії катастроф, у якій розглядаються умови, при яких стійкий стан моделі може стати хитким і перейти до іншого небажаного під впливом незначних збурювань. На основі такої моделі можуть бути сформовані відмітні ознаки інноваційного рішення, що забезпечують новий додатковий ефект. У коло відмітних ознак входять як нові ознаки, так і відомі, нові сполучення яких і дають такий ефект.

В процесі роботи з відмітними ознаками виявляються протиріччя та обмеження реалізації окремих ознак. При цьому поділ суперечливих властивостей виконується як у просторі, так і в часі, що є об'єднанням однорідних чи неоднорідних підсистем, їх сполучення з антипідсистемами. За необхідності виконується перехід до підсистеми, що працюють на мікрорівні, заміна фазового стану частини підсистеми, використання явищ, що супроводжують фазовий перехід. Оскільки кількість протиріч і обмежень порівняно невелика, то значна частина задач розв'язується за аналогією до інших.

Встановлення способів рішень за окремими ознаками вимагає визначення конкуруючих і вибору найкращого варіанту. Часто і тут користуються аналогіями, при цьому відповідь формується поступово. Варіанти можливих рішень за окремими елементами ознак устанавлюються відповідно до можливих реалізацій обраних способів рішення.

Найбільш відповідальним етапом є формування дерева технічних рішень, яке подається у вигляді графа і записується матрицею рішень. Від попереднього етапу це відрізняється одержанням загальних рішень поставленої задачі, тобто упорядкуванням елементних рішень. Наводяться не всі можливі рішення, а лише конкурентноздатні. При утрудненні спочатку можна відібрати можливі рішення, а потім виділити конкурентноздатні. Згодом отримане дерево технічних рішень уточнюється шляхом визначення діапазону області параметрів і характеристик (частина рішень при цьому може відпасти). Оптимізація дерева технічних рішень повинна проводитися в багатопільовій постановці за комплексним критерієм. Виділяються параметричні та динамічні зв'язки, котрі адекватно описують припустимий діапазон ознак і подаються у вигляді функціональних залежностей, рівнянь, таблиць і т.ін. На цій базі формується алгоритм обчислень припустимих ознак, що дозволяє визначити одне з рішень. Перед оптимальним розподілом завдань за окремими елементами потрібно визначити області спеціалізації елементів стратегії, котрі є підмножинами загальних областей технічно досяжних параметрів. Це досить складне завдання. Оптимізація параметрів за умови оптимального розподілу завдань зводиться до встановлення параметрів, котрі забезпечують найкраще виконання завдання, що алгоритмічно являє собою ітераційне рішення відомої задачі оптимального функціонування та оптимізації параметрів. До труднощів розв'язання також належить велика їх розмірність і багатоекстремальність.

Виділене оптимальне інноваційне технічне рішення за комплексним критерієм залежно від виду підлягає детальній конструкторській, технологічній чи організаційній розробці. Забезпечення оптимальності досягається тільки при аналізі та синтезі безлічі компонувань, котрі відповідають оптимальній схемі рішення. хній структурний аналіз і синтез включає складання структурних формул на різних рівнях, їх кількісний аналіз і вибір оптимальної. Після виготовлення дослідних зразків конструкції, одержання механоскладальної технології чи нової організації з метою усунення допущених недоробок проводяться експериментальні дослідження та коректування інноваційного технічного рішення. Наступні етапи, пов'язані з дослідним виробничим впровадженням отриманого рішення, які відрізняються від попередніх масштабністю та особливостями такого впровадження (організація, прототипи, дослідна партія і т.ін.).

Формування дерева технічних рішень (рис. 2, 3) на перших етапах передбачає складання конкурентноздатних принципів рішень з використанням різних способів дії. У результаті

аналізу та синтезу кошкунентноздатних схем рішень формуються їх базові схеми, котрі уточнюються за вимогами конструкції, технологічного процесу чи організації.



Рис. 2. 1 – загальна блок схема виявлення, розробки і впровадження інноваційного технічного рішення; 2 – блок схема розробки інноваційного технічного рішення; 3 – схема формування дерева технічних рішень

Таким чином, формування інноваційних технічних рішень є багаторівневою ієрархічною системою взаємозалежних і послідовно уточнюючих етапів розробки. При такому підході може бути забезпечений будь-який ступінь деталізації інноваційного рішення, тому що система пошуку має необмежені можливості як горизонтального так і вертикального розширення.

Як приклад розглянуте одержання інноваційного конструкторського рішення: механічного орієнтуючого складального модуля (рис. 3). Як прототип обрано складальний робот, схоплювач 3 якого за програмою забезпечує необхідне лінійне та кутове розташування осей валика 2 і втулки 1 (рух f), виконує орієнтування цих деталей та наступне складання (позиція I). Недоліками прототипу є складність системи і велика вартість, що бажано в інноваційному рішенні усунути. Забезпечити співвісність деталей, що складаються, можна по різному і одним з таких рішень було б використання властивостей конуса 4 (позиція II), котрий стожковою поверхнею забезпечує лінійне взаємне розташування осей деталей, а торчовою – кутове. При цьому, надалі потрібен був би фіксований підйом валика 2, усунення конуса 4 із зони отвору та виконання складального руху b , що з погляду кількості рухів і супутніх похибок викликає відомі труднощі. Якщо конус виконати розрізним 5 (позиція III), то схема трохи спрощується, а точність взаємного розташування осей деталей, котрі складаються, підвищується. Надалі розробка продовжується в напрямку заміни розрізного конуса трьома шпинами 6, що орієнтують (позиція IV), і введенням проміжної втулки 8 і трибку 7 (позиція V). В залишковому варіанті шпини 6, що орієнтують, забезпечують лінійне розташування осей цих деталей, а при русі b^{**} – втулки 8 вниз, її торчак – кутове. При цьому, рух d^{**} шпінів 6 окремо виконувати не потрібно, тому що

він виконується автоматично при переміщенні втулки 8 вниз. Похибки автоматичного орієнтування деталей 1-2 знаходяться в межах точності виготовлення деталей та їх складання в цьому модулі, а допустима похибка позиціонування валика пад отвором збільшилася на кілька порядків і склала трохи менше величини діаметра отвору. Загальний вигляд отриманого модуля показаний на позиції VI.

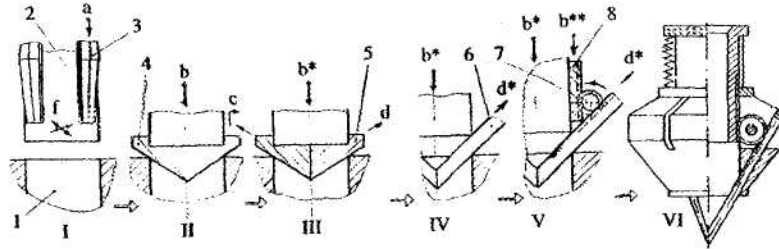


Рис. 3. Схема процесу формування конструкторського інноваційного рішення – орієнтуючого складального модуля для деталей типу валик-втулка

Додатковим позитивним ефектом є значне спрощення конструкції, підвищення надійності, зниження її вартості, а також можливість подачі модуля в зону складання з довільною похибкою. Для забезпечення універсальності передбачене використання проміжних втулок (на схемі не показано), виконаних за діаметром валика, що з'єднується. На виконане таким чином рішення був отриманий патент. Як тренування для зацікавлених пропонується розробити конструктивну схему такого модуля, але з використанням іншого принципу дії без застосування конуса. Очевидно, що таких рішень може бути досить багато і тому таку практику при успішному першому кроці можна продовжити до одержання декількох схем, що відрізнятимуться від наведеної істотними відмінностями та додатковим інноваційним ефектом і отримати патент.

Загальна блок-схема алгоритму виявлення, розробки і впровадження інноваційного технічного рішення (рис. 4) передбачає виконання ряду взаємозалежних етапів, котрі були вказані на рис. 3-5. Кожний алгоритмічний блок складається із своїх підблоків. Так, розробка інноваційного рішення передбачає виконання 11 блоків, а формування дерева інноваційних рішень – 5. Кожний з цих підблоків повинен конкретизуватись більш детальними і т.ін. Як видно, цей алгоритм побудований у формі дерева з максимальним розгалуженням і уточненням. На цій підставі взагалі можливе складання програми виконання інноваційного рішення, але це задача досить складна і, мабуть, найближчого майбутнього.

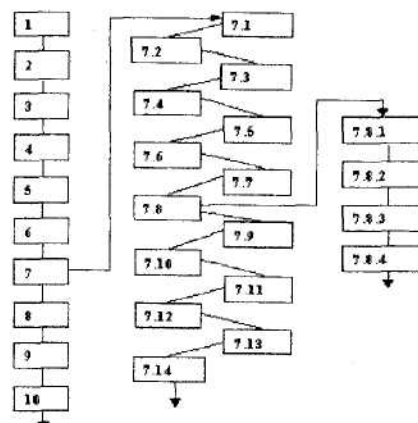


Рис. 4. Блок-схема алгоритму отримання інноваційного технічного рішення

Особливу цікавість щодо інноваційної структури організації та виконання технологічних процесів являють собою CALS-технології (*Continuous Acquisition and Life Cycle Support*), що забезпечують обробку та складання на основі об'єктивно орієнтованої технології твердотілого

моделювання, побудованого за модульними принципами. Проектування реалізується в окремих автономних модулях, інтегрованих ядром, що мають геометричний процесор із загальними функціями та операціями. У модулі віртуального проектування проробляються можливі модифікації дизайну, двомірні непараметричні (режим проектування складальних вузлів), параметричні (аналіз) і тривимірний параметричний режим для розміщення деталей та вузлів. Модулі конструювання виконують проектування різних геометричних елементів деталей, складання конструкторських елементів і їх груп. Вони також дозволяють на базі аналізу деталей, що складаються, розробляти параметричні ряди, керувати компонуванням виробу з автоматичною заміною частин у процесі складання. Модулі аналізу та оптимізації дозволяють розчленовувати моделі на елементи, виконувати кінематичний та структурний аналіз, оптимізувати об'єкт, що розглядається. Технологічні модулі являють технологію обробки запроєктованих деталей на верстатах із ЧПК і їх автоматичне складання на устаткуванні з CNC. У CALS-технологіях подання всіх даних повинно виконуватися в єдиному інформаційному просторі в загальній комп'ютерно-інтерпретованій формі. Уже зараз CALS-технології вважаються пріоритетним напрямком і розглядаються як глобальна стратегія підвищення ефективності складання за рахунок інформаційної інтеграції та наступності використовуваної інформації в єдиному просторі об'єктів і систем. Ці технології забезпечують повний цикл створення машини від віртуального проектування, конструювання та складання до аналізу, синтезу, оптимізації і проектування складального процесу, що реалізує наскрізне проектування та складання з використанням, наприклад, системи *Pro/Engineer 2000*. Їхнє впровадження в складальне виробництво дозволить скоротити час проектування технології в десятки разів при забезпеченні високої якості.

Заслужують на увагу інноваційні нейромережні технології в задачах оптимізації складального виробництва, котрі використовують нейрокомп'ютери. При цьому, користувач тільки формулює задачу, іншу роботу програми виконують самі нейрокомп'ютери. Нейрокомп'ютери поєднують універсальний обчислювач і спеціалізований обчислювальний пристрій, що виконує базові нейромережеві операції. Нейропроцесор складається зі скалярного (обчислювальні операції) і векторного (векторно-матричні) блоків. У першому блоці готуються дані для другого. Створюються алгоритми самопобудови нейронної мережі, в якій операції виконуються паралельно і дуже швидко. Для спрощеного набору команд і рівнобіжної роботи в таких комп'ютерах використовуються RISC-процесори (*Reduce Instruction Set Computer*). Процесор забезпечує швидкісну обробку великих масивів цілочисельних даних. Диспонуючи комунікаційними портами з інтерфейсом, процесор інтегрується в гетерогенну багатопроцесорну систему. Єдиним негативним, але тимчасовим моментом, можна вважати відсутність широкого програмного забезпечення. Створення та тиражування таких програм, особливо для складання, є однією з задач найближчого майбутнього. Це самі останні інноваційні досягнення наукових розробок, орієнтованих на майбутнє.

Моделі передбачуваної віртуальної експлуатації складеного виробу дозволяють зберегти проєктні показники якості виробу під час передбачуваної експлуатації, а це – важлива та складна задача. Вирішуватися вона може подвійно: з використанням статистичних даних експлуатації подібних частин чи виробу, моделюванням передбачуваної експлуатації зазвичай слабких ланок, що лімітують чинники, котрі є функцією конструкційних і технологічних факторів. В обох випадках потрібен вибір тих параметрів виробу, котрі забезпечують та гарантують високу якість. Очевидно, що кожен різновид виробу буде мати свою номенклатуру вихідних параметрів. Такі задачі дуже складні і майже нерозв'язувані відомими способами автоматизації розрахунків. Вони вимагають використання концепції CALS і застосування комп'ютерів останньої генерації чи нейрокомп'ютерів.

На віртуально запроєктований та складений виріб у процесі експлуатації планується вплив різних факторів. Моделювання експлуатаційних процесів вимагає установлення функціонально-фізичних зв'язків між окремими показниками якості та конструкцією, а також технологією, тобто адекватного опису фізичних явищ, що виникають під час роботи виробу в заданих умовах. Загалом можна говорити про деяку безліч варіантів роботи, що задовольняють задані обмеження і показники якості. А це – виділення розглянутих показників, визначення обмежень і критеріїв вибору варіантів, установлення методу розв'язання поставленої задачі, побудова математичних моделей їхньої чисельної оцінки. При такому підході корисним можуть виявитися методи, що дозволяють виконувати пошук без аналітично вираженої узагальненої цільової функції.

Важливе місце при моделюванні віртуальної експлуатації складеного виробу займає зносо-стійкість складальних з'єднань. Як відомо, процес зношування визначається: етапом поверхонь тертя деталей, навантаженням, контактними напруженнями, площею контакту, швидкістю руху, змащенням і т.ін. За допомогою аналізу розмірностей поверхонь встановлюються залежності між інтенсивністю зношування та факторами, що впливають. При цьому для кожного різновиду зношування будуть характерні свої залежності. Так, наприклад, для складального з'єднання вал-втулка основним видом зношування буде втомлювальне. Отримані результати можна підкоректувати реальними експериментальними даними. Змінюючи конструкцію з'єднання, стан тертьових поверхонь (технологія, експлуатаційна спадковість) можна домогтися значного збільшення довговічності виробу.

Щодо контактної взаємодії деталей виробу, що переміщуються, не обійтися без динамічних моделей, що дозволяють одержати відповіді на питання втрати точності їхнього взаємного положення (довговічність за точністю), тобто загалом надійності роботи. Взагалі це задача розрахунку просторового положення деталей з опорами розтягу-стиску постійної твердості в діючому силовому полі.

Інноваційним підходом також є технологія віртуального складання, яка являє собою процес складання віртуальних деталей складального вузла, котрий відбувається всередині комп'ютера на основі всіх основних характеристик реального процесу, що забезпечує задану якість виробу з найменшою технологічною собівартістю. Віртуальність технології полягає в програмному моделюванні виконуваних складальних операцій. За отриманою технологією на комп'ютері можна з мінімальними витратами значно швидше виконувати всі дії, як і з реально існуючою, а це дозволяє на більш високому рівні сформулювати всі необхідні показники якості як складального процесу, так і виробу, що складається. При цьому величезне значення має можливість проведення пробного "обкатування" чи імітування виконання віртуального технологічного процесу і за отриманими результатами скорегувати його в напрямку вдосконалення та підвищення якості.

Інноваційна технологія віртуального складання дозволяє:

- швидко побудувати раціональний варіант складання;
- визначити необхідні зміни і реалізувати їх у напрямку вдосконалення технології виготовлення складуваних деталей;
- проводити розмірний аналіз складальних ланцюгів;
- обґрунтовано встановити метод складання і виконати необхідні точні розрахунки;
- оцінити якість віртуального складального процесу;
- на всіх етапах проектування сформулювати більш високий рівень якості віртуально складеного виробу;
- переглянути й оцінити реалізацію варіантів віртуальних складальних процесів;
- одержати якісну та кількісну базу для проектування реального складального процесу;
- скоротити терміни технічної підготовки складального виробництва.

Проектування складального виробу та його деталей тісно пов'язане з інноваційними інтегрованими системами *CAD/CAM/CAE*, котрі відрізняються розмаїттям і включають широке програмне забезпечення від вибору концепції і конструювання до одержання конструкторської документації і навіть програм обробки деталей на верстатах із ЧПК. Загальна схема інноваційної методики *DMA (Design for Manufacture and Assembly)*, орієнтована на процеси виготовлення та їх складання, передбачає використання цілого комплексу методик. Наприклад, методика *DFM (Design for Manufacture)* дозволяє оцінювати виробничі витрати на виготовлення деталей, а *DFA (Design for Assembly)* – вибрати оптимальне конструкційне рішення з погляду його складання. Інші відомі системи можуть бути достикованими до зазначених, утворюючи повний і могутній програмний комплекс.

З метою значного скорочення часу виготовлення прототипів виробів і технічної підготовки виробництва широке поширення одержує інноваційна система *Rapid Prototyping*. Це – метод стереолітографії для виготовлення прототипів моделей на основі об'ємного проекту виробів у *CAD*, в основі якого лежить фотонолімеризація епоксидних і акрилових пластмас під впливом сфокусованого лазерного променя на установках типу *SLA*. Лазерний промінь сканує окремі горизонтальні шари виробу, а потім накладає їх у напрямку вертикальної осі.

Висновки. Процес формування інноваційних технічних рішень у механоскладальному виробництві може бути представлений багаторівневою ієрархічною системою взаємозалежних етапів. На першому рівні етапи відповідають виявленню інноваційного рішення, потім – його детальній

розробці і нарешті – впровадженню. Кожний з рівнів, а також окремі етапи можуть бути конкретизовані на бажану глибину, що забезпечує необхідну деталізацію. Проаналізовано головний фрагмент системи: процес розробки інноваційного технічного рішення – формування дерева рішень. На механізм інноваційного рішення впливають численні чинники, основними з яких є: рівень технічного розвитку проблеми та доступні засоби, а також пов'язані з конкретним проектувальником: обсягом знань, використовуваною методикою та рівнем логічного технічного мислення.

Як технологічне інноваційне рішення наведене застосування *CALS*-технологій, котрі використовують комп'ютерні технології та віртуальне проектування. Значення таких технологій полягає в підвищенні показників якості при мінімальних витратах і досить глибокому проробленні. Наприклад, віртуальне складання представлено імітованим на комп'ютері виробом і віртуальним складальним процесом з урахуванням основних параметрів реального складання. Об'єктами віртуального складання є моделі: конструкції виробу, що складаються, технологічного складального процесу та експлуатації складеного виробу, формування показників якості з використанням технологічної бази даних. Етапами технології віртуального складання є підготовчий, проектувальний, коректувальний за обраними критеріями, розрахунковий за необхідними складальними розрахунками, формувальний технологічного складального процесу, перевірний за експлуатацією складеного виробу та оптимізаційний за технологічним складальним процесом в цілому.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Wiktor Szabajkowicz*. Opracowanie innowacyjnych technologii montazowych // *kwartalnik Technologia i automatyzacja montazu*. – № 1 (23). – Warszawa. – 1999.
2. *The Power of Innovation*. Dr. *Min Basadur*. FT Pitman Publishing. – 1995.
3. *Poplawski*. Mechanizmy procesow innowacyjnych w rozwoju przemyslyw wysokiej techniki. – Torun, 1995.

ШАБАЙКОВИЧ Віктор Антонович – доктор технічних наук, професор Жешівської політехніки, Польща.

Наукові інтереси:

– технологія механоскладального виробництва, автоматизація технологічних процесів, теорія інновацій.

Тел.: (48-17) 865-15-74.

E-mail: wsktmiop@prz.rzeszow.pl

Подано 20.07.2003