

Лук'янюк С.В.

Український науково-дослідного інститут спеціальної техніки та судових експертиз
Служби безпеки України

ІНТЕГРАЦІЯ ПРИНЦИПІВ ПРОЕКТУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА ТА СКЛАДАННЯ І КОНЦЕПЦІЇ РЕІНЖІНІРИНГУ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

Стаття присвячена дослідженню інтеграції методологій реінжинірингу та проектування, орієнтованого на виробництво і складання (DFMA), у контексті сучасних умов промислового розвитку, обумовлених динамічними змінами у вподобаннях споживачів та способі життя. У статті розкрито значення реінжинірингу, як невід'ємної складової циклу розробки продукції, що дозволяє не лише деконструювати існуючі вироби, але й аналізувати їхню структуру та функціональність для створення економічно ефективних та функціонально вдосконалених альтернатив. Розкрито важливість застосування підходів проектування, орієнтованих на виробництво та складання (DFMA) для оптимізації процесів розробки, зменшення витрат та підвищення якості продукції на початкових етапах її створення. З'ясовано, що використання DFMA забезпечує комплексне врахування аспектів виробництва та складання, що дозволяє значно зменшити складність виготовлення виробів без втрати їх функціональних характеристик. Ітеративне вдосконалення існуючих дизайнів, модернізація матеріалів, реструктуризація компонентів та модифікація конфігурацій сприяють досягненню таких результатів. Визначено, що такі підходи сприяють не лише оптимізації витрат, але й підвищенню надійності та довговічності продукції, що є ключовими факторами у збереженні конкурентоспроможності на ринку. У роботі проаналізовано ключові аспекти реінжинірингу, які включають аналіз морфологічної структури виробничих процесів для ідентифікації зон вдосконалення. Основний акцент зроблено на оптимізації топології складальних одиниць, що зменшує обсяги операцій складання та підвищує загальну ефективність. Важливим досягненням, висвітленим у статті, є розробка параметричних моделей, орієнтованих на покращення технологічності виробів на ранніх етапах їх життєвого циклу. Окреслено перспективні напрямки інтеграції DFMA у процеси реінжинірингу з врахуванням останніх наукових розробок. Також розглянуто нові підходи до реконструктивного проектування, які поєднують DFMA-технології з сучасними інженерними методами для забезпечення економічної ефективності, підвищення технологічності та функціональності продукції. Такий підхід дозволяє створювати конкурентоспроможні вироби, що відповідають сучасним ринковим вимогам та забезпечують довготривалу надійність.

Ключові слова: проектування виробництва та складання, проектування з урахуванням вартості, проектування продукту, технологічність, реінжиніринг.

Постановка проблеми. Реінжиніринг (reengineering) в контексті сучасної виробничої парадигми представляє систематичний процес аналізу та перепроєктування існуючих процесів з метою досягнення радикальних покращень у ключових показниках ефективності, таких як вартість, якість, обслуговування та темпи. Метою реінжинірингу є оптимізація виробничих та організаційних процесів шляхом їх фундаментального перепроєктування та застосування сучасних інформаційних технологій. До ключових етапів реінжинірингу можна віднести: визначення цілей та критеріїв ефективності процесів, документування та аналіз існуючих процесів, виявлення «больових точок» та вузьких місць, розробку нової концепції виробничих процесів з викорис-

танням сучасних методів, впровадження нових виробничих процесів із застосуванням інформаційних технологій, постійний моніторинг та вдосконалення впроваджених виробничих процесів.

Реінжиніринг вимагає комплексного підходу, залучення крос-функціональних команд та радикальної перебудови виробничих процесів [1]. Він дозволяє досягти значного підвищення ефективності, скорочення тривалості циклів, зменшення витрат та покращення якості продукції чи послуг.

Ключовим етапом реінжинірингу є збір даних за допомогою таких методів, як:

– інвентаризація – проведення детального обстеження об'єкта реінжинірингу для ідентифікації всіх його складових, функцій та взаємозв'язків;

– спостереження – безпосереднє спостереження за роботою об'єкта з метою фіксації його поведінки, ритмів, проблемних моментів тощо;

– опитування – збір інформації від персоналу, що взаємодіє з об'єктом реінжинірингу, з метою отримання суб'єктивної оцінки його недоліків та потенціалу;

– аналіз документації – вивчення проектної, технічної та іншої документації, що регламентує функціонування об'єкта реінжинірингу;

– моделювання – створення імітаційних моделей об'єкта реінжинірингу для проведення віртуальних експериментів та аналізу його поведінки.

Комплексне застосування цих методів дозволяє всебічно дослідити об'єкт реінжинірингу, виявити «вузькі місця» та сформувавши детальну картину його поточного стану. Отримані дані стають основою для наступних етапів реінжинірингу – аналізу та проектування. Слід зазначити, що реінжиніринг є незамінним інструментом у таких випадках:

– при необхідності реконструкції та модернізації морально та фізично застарілих виробничих потужностей. Застосування методів реінжинірингу дозволяє провести всебічний аналіз існуючих бізнес-процесів, визначити вузькі місця та оптимізувати їх, впровадивши сучасні високоефективні технології;

– у разі потреби кардинальної перебудови організаційної структури підприємства. Реінжиніринг дає змогу переглянути розподіл функцій та повноважень, усунути дублювання робіт, забезпечити гнучкість та адаптивність структури до змін зовнішнього середовища;

– при виході на нові ринки збуту чи впровадженні принципово нових видів продукції. Реінжиніринг дозволяє сформувавши оптимальну виробничу інфраструктуру, налагодити ефективну систему постачання, логістики та збуту;

– для підвищення конкурентоспроможності підприємства шляхом суттєвого зниження витрат, скорочення термінів виробничого циклу, покращення якості продукції. Застосування методів реінжинірингу дає змогу докорінно переглянути та перепроектувати бізнес-процеси з урахуванням сучасних вимог ринку.

Відсутність даних щодо виробничого процесу часто створює значні перешкоди для організації виробництва. Проте методологія реінжинірингу для виробництва дозволяє подолати ці труднощі шляхом реконструкції виробничого процесу на основі аналізу готового виробу. Застосовуючи спеціалізовані програмні засоби, інженери ство-

рюють детальну модель, яка описує всі етапи виготовлення деталі або вузла. Крім того, реінжиніринг дозволяє розглядати альтернативні технологічні рішення, що може призвести до зниження собівартості виробництва або поліпшення якості продукції. Такий підхід особливо актуальний для підприємств, які займаються виробництвом складної техніки або працюють з унікальними матеріалами.

Одним з основних елементів реінжинірингу є його інтеграція з принципами проектування для виробництва та складання (DFMA, Design for manufacturing and assembly) [2]. Принцип DFMA пропонує потужний інструментарій для оптимізації виробничих процесів, проте його ефективне застосування в контексті реінжинірингу вимагає додаткових досліджень. Одним з ключових питань є адаптація стратегій DFMA до специфічних особливостей виробництва існуючих продуктів. Необхідно розробити методики, які дозволять швидко і точно оцінити потенціал для впровадження DFMA в конкретному випадку. Крім того, важливою проблемою є масштабування DFMA на рівні підприємства. Для цього необхідно створити систему стандартів і процедур, яка забезпечить послідовне застосування DFMA в різних проектах, а також розробити інструменти для оцінки ефективності впровадження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Концепція реінжинірингу для виробництва представляє цілеспрямовану методологію реінжинірингу, яка призначена для оптимізації планування технологічного процесу виробництва продукції на основі даних про виробничі процеси та знань у конкретній галузі. Ця методологія спрямована на створення продукції, оптимізованої для виготовлення та складання ще на етапі проектування. Такий комплексний підхід дозволяє суттєво підвищити ефективність виробничих процесів, знизити собівартість продукції та скоротити терміни її виведення на ринок. Помітний внесок у цю сферу зроблено авторами [3], які запровадили багато-процесний виробничий підхід, що інтегрує принципи DFMA. Ця модель надає пріоритет складності виготовлення поряд з попередніми оцінками часу і вартості на етапі проектування, що дозволяє більш обґрунтовано вибирати технологічний процес. На додаток до цього, автори [4] розробили базову структуру, яка допомагає визначити найбільш підходящі виробничі процеси для різних характеристик деталей. Досягнення в цій галузі призвели до появи методів аналізу на основі особливостей, які дозволяють проводити більш доско-

нале моделювання деталей і, відповідно, більш адаптоване планування виробництва. Наприклад, у дослідженні [5] запропоновано фреймворк DFM, який проводить виробничий аналіз, використовуючи технічні та економічні дані. Ця модель оцінює технічну можливість виготовлення деталі, одночасно оцінюючи, чи відповідають виробничі витрати і терміни цілям проекту. Останні інновації також зосереджені на мінімізації виробничих витрат і термінів виконання за рахунок оптимізації дизайну продукту, вибору матеріалів і розподілу ресурсів. Яскравим прикладом є підхід запропонований в [6] до проектування виробництва та складання (DFMA), який полегшує прийняття економічно ефективних рішень на всіх етапах розробки продукту, спрощуючи процеси складання та визначаючи матеріали і робочі процеси. Автори [7] розширили цю концепцію, включивши в неї вибір процесів і матеріалів на основі прогнозування витрат на етапі втілення дизайну. Аналогічно, автори в [8] об'єднали емпіричні, статистичні та фізичні моделі в структурований метод вибору процесу, який вдосконалює виробничі рішення на основі даних. Іншим варіантом рішення є система Cambridge Engineering Selector (CES), розроблена в [9]. Вона надає розширену базу даних, яка класифікує матеріали, процеси та геометрії відповідно до критеріїв технологічності. Використовуючи параметри із задалегідь визначеними діапазонами, ця система пропонує надійну основу для аналізу технологічності, та може надавати рішення на ранніх стадіях проектування. Цей підхід, орієнтований на проектування виробництва та адаптований для підтримки робочого процесу проектування, де виробник повинен вказати детальні технічні параметри для виробництва. Сюди входять такі елементи, як пристосування, технічні характеристики верстатів, типи інструментів і послідовності фрезерування. Для підтримки такої точності в плануванні процесу моделі покладаються на комплексні бази даних, що охоплюють не тільки структуровану систему Ешбі [9], але й додаткові дані з виробничих довідників. На практиці ефективний підхід реінжинірингу вимагає всебічного розуміння виробничих ресурсів, наявних в організації.

Постановка завдання. Стаття присвячена дослідженню інтеграції методологій DFMA в концепцію реінжинірингу виробничих процесів. Метою є детальний аналіз і огляд підходів, що забезпечують оптимізацію проектування продуктів для покращення ефективності виробництва з моменту їх концептуалізації. Методології DFMA

передбачають врахування різноманітних виробничих аспектів і специфікацій продукту, що вимагає ґрунтовного дослідження та адаптації підходів. Важливим аспектом для вдосконалення виробничих процесів є ретельне вивчення існуючих методик та ідеологій, що лежать в основі успішного впровадження DFMA. Такий підхід дозволяє виявити основні проблеми, пов'язані з цією сферою, та віднайти ефективні рішення, спрямовані на підвищення продуктивності у виробництві продукції.

Виклад основного матеріалу. Дослідження інтеграційних механізмів методологій проектування для виробництва та складання (DFMA) в контексті реінжинірингового виробничого менеджменту становить ключовий напрямок оптимізації сучасних виробничих процесів. Згідно з останніми дослідженнями [10], імплементація принципів DFMA на етапі концептуального проектування здатна знизити виробничі витрати на 35–40% та скоротити час виходу продукту на ринок на 25%. Комплексний аналіз методологічного інструментарію DFMA, включаючи DFA-індекс та DFM-метрики, показує на необхідність їх адаптації до специфіки реінжинірингового підходу. Сучасні дослідження в галузі реінжинірингу виробничих процесів підтверджують ефективність інтегрованого застосування методів топологічної оптимізації та параметричного моделювання при створенні технологічних процесів. Критичними факторами успішної інтеграції виступають:

- імплементація предиктивної аналітики для оцінки технологічності;
- застосування методів машинного навчання для оптимізації параметрів складання;
- використання цифрових двійників для верифікації проектних рішень.

Процес розробки продукту все частіше визнається ключовим фактором у визначенні конкурентної переваги виробництва. Це обумовлено підвищеним попитом на часті оновлення продуктових лінійок, контролем за витратами на розробку та найкоротшими термінами розробки продукту для задоволення постійно мінливих потреб ринку. Структурована модель створення продукту (рис. 1) може слугувати основою для впровадження принципів реінженерингу, ставлячи акцент на передбаченні та перекритті початкових етапів.

Скорочуючи час, необхідний для розробки нового продукту, та уможливаючи постійний моніторинг витрат, можливо досягти швидшого та ефективнішого запуску продукту. На рисунку 1

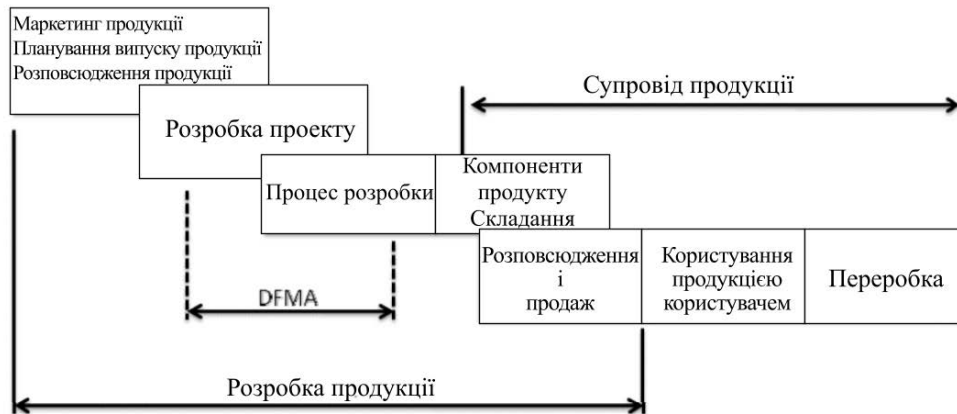


Рис. 1. Еталонна модель процесу виготовлення продукції

також підкреслено застосування методу DFMA, який полегшує розробку продукту шляхом інтеграції виробничих обмежень на ранніх стадіях процесу проектування. DFMA відіграє важливу роль у проектуванні, оскільки заохочує синхронізований робочий процес між відділами, де діяльність кожного відділу – від проектування до виробництва, узгоджується в режимі реального часу. Таким чином, команда розробників отримує вигоду від вкладу членів, що не входять до складу основної команди проектувальників, включаючи представників відділів продаж, маркетингу, закупівель та інженерів. Така міжфункціональна співпраця не лише забезпечує відповідність проекту потребам ринку, але й сприяє формуванню цілісного бачення та є значно гнучкішою у порівнянні з традиційною відомчою замкнутістю. Для малих та середніх виробництв, яким часто бракує ресурсів для значних інвестицій у дослідження та технологічних інновацій, співпраця та вдосконалення стратегії стають життєво важливими для контролю витрат та успішного впровадження інноваційних продуктів. Такі форми виробництва часто стикаються з фінансовими та ресурсними обмеженнями, які обмежують їхню здатність приймати агресивні, капіталомісткі стратегії розвитку. Однак ці проблеми можна пом'якшити, застосувавши підхід реінжинірингу в рамках процесу виготовлення продукції. Реінжиніринг дозволяє розбирати існуючі продукти, вивчати та розуміти деталі конструкції, а також впроваджувати вдосконалення або нові функції у продукцію, що сприяє не лише можливості продукції відповідати поточним вимогам ринку, але й вдосконалити технічні ноу-хау, закладаючи можливість постійного вдосконалення продукції. Слід зазначити, що методологію DFMA часто поділяють на два основні етапи, що систематично спрощу-

ють дизайн продукту та зменшують виробничі витрати [11]. Спочатку основна увага приділяється проектуванню для складання (DFA, Design for Assembly), метою якого є оптимізація структури продукту. Цей процес включає в себе оцінку та оптимізацію розташування і вибору деталей, матеріалів і процесів, щоб забезпечити ефективне складання з меншою кількістю компонентів. Мінімізуючи складність, DFA сприяє як економічному використанню матеріалів, так і скороченню часу складання, що призводить до значної економії коштів. Після досягнення оптимальної конфігурації за допомогою DFA, підхід переходить до проектування для виробництва (DFM, Design for Manufacturing), де розробляються детальні специфікації для окремих компонентів з акцентом на мінімізацію виробничих витрат. На цьому етапі дизайн проходить подальше вдосконалення, щоб гарантувати, що кожен компонент може бути виготовлений ефективно, із застосуванням економічно ефективних процесів і матеріалів, які відповідають виробничим можливостям. Цей етап включає детальний розгляд технологічності, гарантуючи, що кожна деталь розроблена таким чином, щоб використовувати існуючі виробничі технології і мінімізувати потребу в спеціалізованому обладнанні або надмірній кастомізації. Такий підхід – DFMA, підтверджений останніми дослідженнями, підкреслює значну роль ранніх проектних рішень у зниженні витрат і підвищенні ефективності шляхом врахування всього життєвого циклу продукту від початкового проектування до складання і виробництва [12]. Більше того, підхід DFMA за своєю суттю орієнтований на витрати і значною мірою залежить від початкових проектних параметрів виробу. Останні досягнення в галузі реінжинірингу та виробництва, такі як передові обчислювальні методи, ще більше вдосконалю-

ють процес DFMA. Ці інструменти надають можливість оптимізувати дизайн в режимі реального часу, дозволяючи дизайнерам моделювати та оцінювати виробничі обмеження на ранній стадії проектування. Використовуючи дані зворотного зв'язку, інженери можуть ітеративно вдосконалювати конструкцію для досягнення оптимальної технологічності та ефективності збірки. Такий підхід в кінцевому підсумку сприяє більш безперебійному та економічно ефективному виробничому процесу, оскільки усувається розрив між проектними намірами та практичними виробничими міркуваннями.

Процес проектування часто включає поєднання функціонального аналізу і модульного евристичного підходу для всебічного аналізу і розуміння дизайну продукту. Функціональний аналіз зосереджується на визначенні основних експлуатаційних характеристик продукту, оперуючи пов'язаними потоками (енергія, матеріал та сигнал). Цей процес розбиває продукт на окремі складові функції, який полегшує структурований підхід до проектування. Виокремивши ці функції, дизайнери можуть отримати чіткіше уявлення про те, як кожна частина виробу впливає на його загальну роботу, створюючи основу для більш цілеспрямованого та ефективного процесу реінжинірингу. Паралельно з цим, модульний евристичний підхід застосовується для аналізу інтерфейсів та взаємодій між цими функціональними компонентами. Визначаючи вхідні та вихідні потоки для кожної функції, що дозволяє трансформувати дискретні функції продукту в конкретні функціональні модулі. Кожен модуль, по суті, інкапсулює набір пов'язаних функцій, що представляють окремий сегмент загальної роботи продукту. Евристики, що застосовуються до цього процесу модуляризації, дозволяють дизайнерам визначити унікальні властивості та поведінку кожного функціонального модуля, що сприяє глибшому розумінню архітектури продукту. По суті, поєднання аналітичних методів не тільки допомагає візуалізувати структуру продукту, але й дозволяє підвищити ефективність як на етапі виробництва, так і на етапі складання.

Щоб забезпечити детальний аналіз переходу від модулів продукту до потенційних проектних рішень в рамках реінжинірингу, необхідно зазначити роль розуміння властивостей, визначених на кожному етапі генерації модулів. Перехід від високорівневих функціональних модулів до конкретних проектних рішень, таких як компоненти або вузли, вимагає точного узгодження функціо-

нальності кожного модуля з його фізичною реалізацією. У цьому контексті використовуються морфологічна матриця, яка слугує критично важливим інструментом. Систематизуючи потенційні проектні рішення, ця матриця забезпечує структурований засіб для оцінки та узгодження функціональних вимог з фізичними модулями, тим самим підвищуючи чіткість та ефективність процесу концептуального проектування. Метод морфологічної матриці виходить за рамки простого мапування; він дозволяє проектувальникам генерувати широкий спектр альтернативних рішень для кожного функціонального модуля. Такий структурований процес порівняння та вибору гарантує, що кожне фізичне втілення – чи то компонент, чи то вузол – добре відповідає функціональним та експлуатаційним вимогам модуля. Конструктори можуть досліджувати, вдосконалювати і порівнювати різні конфігурації, що призводить до визначення найбільш ефективного проектного рішення для кожної функції. Крім того, матриця полегшує трансформацію концептуальних проектів у практичні вузли, що є важливим для досягнення цілісної та оптимізованої архітектури продукту. У цьому сенсі роль досвіду дизайнерів у поєднанні з регулярною участю постачальників та зацікавлених сторін є надзвичайно важливою у вдосконаленні морфологічної матриці. Оновлені бази даних і добре структуровані записи про попередні проекти, галузеві стандарти та інноваційні практики забезпечують надійну основу для прийняття рішень. Інтеграція інформації з цих джерел у морфологічну матрицю сприяє створенню надійного та інформованого середовища проектування, гарантуючи, що всі рішення відповідають останнім досягненням і оптимізовані як з точки зору технологічності, так і з точки зору збірки. Крім того, вирішальне значення мають надійність і відповідність проектних рішень специфікаціям модулів. Рішення, обрані для кожного модуля, повинні не лише відповідати заданим функціональним властивостям, але й відповідати стандартам надійності, що є важливими для довговічності та продуктивності продукту. Вибір рішень, які підтримують цілісність в реальних умовах, підвищує цінність продукту, особливо коли вони впроваджуються в реінжиніринговий або відновлений продукт, де надійність є ключовим фактором задоволеності клієнтів і довготривалого використання. Як зазначалось методологія DFMA в контексті реінжинірингу базується на оптимізації робочих процесів промислового виробництва на основі багатоцільового підходу.

Завдяки чому забезпечується ретельний баланс між кількома критично важливими факторами, такими як збірка, вибір матеріалів і виробничі процеси, які сприяють економічній ефективності як головній меті. Зосереджуючи багатоцільову структуру навколо визначень модулів продукту та класифікації варіантів дизайну, такий процес забезпечує основу для знаходження рішення на етапі концептуального проектування. Цей етап характеризується наявністю лише загальної інформації, а не конкретних деталей щодо геометрії, складу матеріалу, виробничих параметрів або інших конкретних аспектів продукту. Попередні дані, необхідні для такого підходу, включають основні специфікації, такі як:

- орієнтовні максимальні просторові розміри;
- приблизна загальна вага;
- класифікація матеріалу (наприклад, вуглецева сталь, полімери);
- домінуючий виробничий процес (наприклад, механічна обробка, лиття);
- операції складання (наприклад, ручне, автоматизоване, зварювання);
- комерційне або власне позначення (вказує на те, чи є деталі поставленими або виготовленими на замовлення);
- прогнозований обсяг виробництва.

Вихідні дані є основою для аналізу альтернативних проектних рішень, отриманих на попередніх етапах. Для проведення аналізу використовуються приблизні розрахунки вартості та досвід інженерів і дизайнерів, що дозволяє застосувати ключові принципи DFMA – проектування для складання (DFA), проектування для виробництва (DFM) і проектування з урахуванням вартості (DTC) [13]. Завдяки цим принципам покращується процес вибору конфігурації збірки і загальної концепції дизайну, що в свою чергу мінімізує виробничі витрати і складність збірки, одночасно підвищуючи продуктивність. Після переходу до етапу проектування втілення, більш конкретні параметри визначаються на основі обраного концептуального дизайну. На цьому етапі важливими стають налаштування параметрів віртуальних моделей та оптимізація технологічних параметрів – наприклад, точних налаштувань для лиття або механічної обробки. Для створення

віртуальних моделей використовуються такі інструменти, як автоматизоване проектування (САПР) і моделювання методом скінченних елементів, що дозволяють вносити корективи в схему конвеєра і оптимізувати технологічний процес. Надалі, після оптимізацій, детальний дизайн формалізується, створюючи основу для втілення фізичних прототипів перед початком повномасштабного виробництва. На етапі створення прототипів перевіряється відповідність вибору дизайну функціональним, вартісним і виробничим критеріям, що ефективно пов'язує концептуальні дизайнерські рішення з реальною технологічністю та ефективністю збірки. Таким чином, багатоцільовий підхід в DFMA підкреслює всебічний баланс між витратами, вибором матеріалів і процесів, можливістю складання і темпами виробництва. Шляхом ітеративної оцінки проектних альтернатив і уточнення параметрів від концептуального до детального проектування забезпечується оптимальне узгодження цілей проектування з практичними вимогами до виробництва і збірки в рамках реінжинірингу.

Висновки. У реінжинірингу фундаментальні принципи і притаманні їм обмеження залишаються незмінними в різних галузях. Хоча конкретні методології можуть суттєво відрізнятися в різних галузях, загальні практики, такі як всебічний збір даних, детальний аналіз, моделювання, створення прототипів, оцінка продуктивності та забезпечення відповідності нормативним вимогам, становлять основу реінжинірингу в будь-якому контексті. Проте такий підхід часто обмежується можливостями сучасного технологічного прогресу, що впливає на його ефективність і застосовність. А реалізація фізичних проектних рішень при проектуванні для виробництва та складання значною мірою залежить від структурованих, обґрунтованих методологій, таких як морфологічна матриця, а також від послідовної взаємодії з галузевими знаннями, інформацією від постачальників та досвідом проектування. Такий підхід гарантує, що кожне обране конструкторське рішення є оптимізованим, надійним і узгодженим як з конкретними функціональними властивостями модуля, так і з ширшими цілями ефективного виробництва.

Список літератури:

1. Крейдич І.М., Івата В.В., Швець К.М. Концептуальні положення реінжинірингу бізнес-процесів на підприємствах, Ефективна економіка, №12, 2015, с. 17–21.
2. Boothroyd G., Dewhurst P., Knight W. Product Design for Manufacture and Assembly, CRC Press., 2010, p. 712
3. Kerbrat O., Mognol P., Hascoet J. A new DFM approach to combine machining and additive manufacturing, Computers in Industry, 62, 2011, pp.684–692.

4. Sanchez J., Priest J., Soto R. Intelligent reasoning assistant for incorporating manufacturability issues into the design process, *Experts systems with applications*, 12, 1997, pp.81–88.
5. Zhao Z., Shah J. Domain independent shell for DFM and its application to sheet metal forming and injection molding, *Computer-Aided Design*, 2005, pp.881–898.
6. Boothroyd G., Dewhurst P., Knight W. *Product design for manufacture and assembly*, Marcel Dekker Inc., 1994, p.552.
7. Gupta S., Chen Y. A system for generating process and material selection advice during embodiment design of mechanical components, *J. of Manufacturing System*, 22, 2003, pp.28–45.
8. Shercliff H.R., Lovatt A.M. Selection of manufacturing processes in design and the role of process modeling, *Progress in Material Sciences*, 46, 2001, pp.429–459.
9. Ashby M.F., Brechet Y., Cebon D., Salvo L. Selection strategies for materials and processes, *Materials & Design*, 25, 2004, pp.51–67.
10. Montazeri S., Lei Z., Odo N. Design for Manufacturing and Assembly (DfMA) in Construction: A Holistic Review of Current Trends and Future Directions. *Buildings*, 2023, 14, pp.285–299.
11. Annamalai K., Najju C.D., Karthik S., Mohan-Prashanth M. Early Cost Estimate of Product During Design Stage Using Design for Manufacturing and Assembly (DFMA) Principles., *Advanced Materials Research*, 2013, pp.622–623.
12. Durga Prasad K.G., Subbaiah K.W., Rao K.N. Multi-objective optimization approach for cost management during product design at the conceptual phase, *J. Ind. Eng. Int.*, 10(48), 2014, pp.302–341.
13. Hsu C.C., Chen Y. A study on the integration of design for manufacturing and assembly (DFMA) and value engineering (VE) in product development, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 84(1-4), 2016, pp.1–12.

Lukyanuk S.V. INTEGRATION OF PRODUCTION AND ASSEMBLY DESIGN PRINCIPLES AND CONCESSIONING OF PRODUCTION PROCESS REENGINEERING

The article is devoted to the study of the integration of reengineering and design-for-marketing (DFMA) methodologies in the context of modern industrial development conditions caused by dynamic changes in consumer preferences and lifestyles. The article reveals the importance of reengineering as an integral part of the product development cycle, which allows not only deconstructing existing products but also analyzing their structure and functionality to create cost-effective and functionally improved alternatives. The importance of applying design-for-manufacturing and assembly (DFMA) approaches to optimize development processes, reduce costs and improve product quality at the initial stages of its creation is revealed. It has been found that the use of DFMA provides a comprehensive consideration of the aspects of production and assembly, which can significantly reduce the complexity of manufacturing products without losing their functional characteristics. Iterative improvement of existing designs, modernization of materials, restructuring of components, and modification of configurations contribute to achieving such results. It has been determined that such approaches contribute not only to cost optimization but also to increasing the reliability and durability of products, which are key factors in maintaining market competitiveness. The paper analyzes the key aspects of reengineering, including the analysis of the morphological structure of production processes to identify areas for improvement. The main focus is on optimizing the topology of assembly units, which reduces the volume of assembly operations and increases overall efficiency. An important achievement highlighted in the article is the development of parametric models aimed at improving the manufacturability of products at the early stages of their life cycle. Promising directions for integrating DFMA into reengineering processes are outlined, taking into account the latest scientific developments. The article also considers new approaches to reconstructive design that combine DFMA technologies with modern engineering methods to ensure economic efficiency, increase manufacturability and functionality of products. This approach makes it possible to create competitive products that meet modern market requirements and ensure long-term reliability.

Key words: design for manufacturing and assembly, design to cost, product redesign, manufacturability, reverse engineering.