УДК 621-2.002; 621.81.002.2, 621-2.002.2;621.81.002.2
УКПП
№ держреєстрації 0119U100361
Інв. №

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет (СумДУ)
40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2, тел. (0542) 33-41-08,
info@sci.sumdu.edu.ua

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з наукової роботи
д-р фіз.-мат. наук, професор

_____ А. М. Чорноус

ЗВІТ
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

ОСНОВИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ УПРАВЛІННІ ПРОЦЕСАМИ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ СКЛАДНИХ ВИРОБІВ ТА ОБ'ЄКТІВ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

(остаточний)

Керівник НДР
д-р. техн. наук, професор В. О. Залога

2021

Рукопис закінчено 22 грудня 2021 р.

Результати роботи розглянуті на вченій раді СумДУ, протокол від 25 грудня 2021 р. № 7

СПИСОК АВТОРІВ

Керівник НДР, ст. наук. співроб., д-р техн. наук	_____ 22.12.2021	В. О. Залога (реферат, вступ, висновок, розділи 1, 2, 3, 4)
Відповідальний виконавець, ст. наук. співроб., д-р техн. наук	_____ 22.12.2021	К. О. Дядюра (розділ 1, 2, 3, 4, висновок)
Виконавці:		
Ст. наук. співроб., канд. техн. наук	_____ 22.12.2021	О. В. Івченко (розділи 1, 2)
Наук. співроб., канд. техн. наук	_____ 22.12.2021	О. О. Залога (розділ 3)
Інженер 2 к.	_____ 22.12.2021	В. Г. Фортонюк (розділ 1)
Виконавець договору цивільно-правового характеру, завідувач кафедри ТМВІ, д-р техн. наук	_____ 22.12.2021	В. О. Іванов (розділ 1, 4)
Виконавець договору цивільно-правового характеру, ст. науковий співробітник НДЧ кафедри ТМВІ, д-р техн. наук	_____ 22.12.2020	Д. В. Криворучко (розділ 1, 4)
Виконавець договору цивільно-правового характеру, аспірант кафедри ТМВІ 4-го року навчання	_____ 22.12.2020	І. М. Рибалка (розділ 3)

РЕФЕРАТ

Звіт: 95 с., 26 рис., 2 табл., 45 джерел.

ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ, ІНТЕГРОВАНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА, ОБ'ЄКТ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ, СКЛАДНА ТЕХНІЧНА СИСТЕМА, СКЛАДНИЙ ВИРІБ, УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ, ЯКІСТЬ

Об'єкт дослідження – інтегровані інформаційні системи підтримки прийняття рішень при управлінні процесами на стадіях життєвого циклу складних виробів у машинобудуванні та оборонній галузях.

Предмет дослідження – теоретичні, методологічні та нормативно-методичні основи формування та ефективного використання техніко-економічної інформації на стадіях життєвого циклу складних виробів та об'єктів військової техніки з урахуванням самоузгодженої взаємодії процесів як відкритої системи, самоорганізація якої впливає на досягнуті результати щодо задоволення вимог замовника.

Мета проекту – є створення науково обґрунтованих основ для прийняття рішень щодо забезпечення відповідності встановленим вимогам складних виробів (СВ) у машинобудуванні та об'єктів військової техніки (ОВТ) на основі технологій управління життєвим циклом (ЖЦ) і моделей самоузгодженої взаємодії процесів при проектуванні, виготовленні та експлуатації виробів.

Методи дослідження базуються на системному аналізі сучасних тенденцій, міжнародних, державних і галузевих нормативних документів у сфері управління якістю. Під час проведення досліджень для досягнення поставленої мети використані наукові положення: теорії управління якістю виробів і процесів (формування функціонального підходу до опису й аналізу реалізації процесів послідовної зміни стану складних виробів при їх проектуванні, виготовленні та експлуатації); методи комплексної оцінки якості продукції (моделювання взаємодії процесів на стадіях ЖЦ); теорії систем (дослідження процесів на стадіях ЖЦ); теорії самоорганізації складних систем (моделювання інтеграції процесів при проектуванні, виготовленні та експлуатації СВ у машинобудуванні та ОВТ);

технології машинобудування (модель функціональної підсистеми виготовлення); теорії множини (формування оптимальних характеристик конфігурації СВ та ОВТ при проектуванні); теорії ігор і динамічного програмування (модель вибору оптимальних характеристик функціональних підсистем на стадіях ЖЦ СВ та ОВТ); технічної діагностики і теорії прогнозування (модель функціональної підсистеми експлуатації СВ). Під час обробки результатів досліджень використані наукові положення кваліметрії (оцінка і забезпечення якості при проектуванні машинобудівної продукції), методології регресивного і кластерного аналізу.

ЗМІСТ

Скорочення 7
Вступ 8
1. Методика забезпечення інтероперабельності складних систем 13
1.1 Основні положення концепції створення складної технічної системи для забезпечення її інтероперабельності 14
1.2 Проблемно-орієнтована модель інтероперабельності складної технічної системи 21
1.3 Функціональний підхід до опису та аналізу складних технічних систем 23
1.4 Архітектура складної технічної системи 33
Висновки до розділу 35
2. Методологічні принципи управління складними організаційно–технічними системами під час проектування, виготовлення та експлуатації СВ та ОВТ 36
2.1 Функціональні та часові категорії прийняття рішення 36
2.2 Формальне представлення моделі прийняття рішень 42
2.3 Моделі якості 49
2.4 Номенклатура показників 52
2.5 Аналіз ризиків виникнення бар'єрів інтероперабельності 53
2.5 Методи вимірювання рівня досягнутої /досяжної енергоефективності в організації 64
Висновки до розділу 67
3 Розробка профілю стандартів для забезпечення інтероперабельності складних технічних систем СВ та ОВТ 68
3.1 Загальні положення 68
3.2 Подання даних про виріб та обмін цими даними 78
3.3 Управління даними про якість виробів на стадіях життєвого циклу 79
3.4 Менеджмент надійності. Загальні принципи планування технічного обслуговування для підтримки надійності 81
3.5 Управління життєвим циклом продукції військового призначення 83
3.6 Принципи управління життєвим циклом продукції військового призначення, його суб'єкти та об'єкти 85
Висновки до розділу 87

4 Атестаційне тестування складних технічних систем та об'єктів військової техніки 88
4.1 Виконання додаткових етапів методики забезпечення інтероперабельності 88
4.2 Моделювання стану виробничих систем в умовах ощадливого виробництва 98
Висновки 101
Перелік джерел посилання 104

СКОРОЧЕННЯ

KPI (key performance indicator) – ключовий показник виробничого процесу;

MPC (model predictive control) – керування на основі моделей, які прогнозують (керування з прогнозуванням);

ЖЦ – життєвий цикл;

КО – компресорне обладнання;

MV (manipulated variable) – регульована змінна;

MOM – управління виробничими (технологічними) операціями (Manufacturing Operations Management);

ССВО – складна система взаємодіючих об'єктів;

СВ – складні вироби;

СС – система систем;

СТС – складна технічна система;

ОВТ – об’єктів військової техніки;

ОВСТ – озброєння, військова та спеціальна техніка;

ПВП – продукція військового призначення

ВСТУП

Звіт про НДР: 1117 с., 47 рис., 2 табл., 61 джерело.

Актуальність теми. Виробництво висококонкурентних складних виробів (СВ) у машинобудуванні та об’єктів військової техніки (ОВТ) – складних технічних систем (СТС) пов'язане з прийняттям обґрунтованих та оптимальних рішень. Це може бути забезпечено застосуванням системного підходу до процесів життєвого циклу (ЖЦ) та сучасних методів для прийняття рішень.

Відсутність єдиних підходів до створення СВ та ОВТ, їх функціональне, інформаційне та технологічне різноманіття породжує проблему інтероперабельності таких складних систем та їх елементів які іноді називають системами систем (system of Systems – SoS) або просто складними системами. Очевидно, що чим вище рівень гетерогенності СВ та ОВТ, тим гостріше проблема інтероперабельності для забезпечення та оцінки якої необхідно вирішувати сукупність науково-технічних і організаційно-методичних завдань.

Розвиток технологій та програмного забезпечення, форм і способів зберігання, обробки та розповсюдження інформації визначило широке впровадження великої кількості різноманітних інформаційних систем (ІС) на підприємствах, організаціях та галузях і створення так званих великомасштабних інформаційних систем (англ. Ultra-Large-Scale-Systems).

Дослідження у даному проекті спрямовані на одержання та використання нових знань щодо проведення перспективної оцінки процесів життєвого циклу (ЖЦ) СВ та ОВТ з урахуванням потенційних можливостей та видів діяльності машинобудівних підприємств, виду продукції, яка виготовляється, вимог технічних регламентів, процедур оцінки відповідності, а також критеріїв оцінки енергоефективності і впливу на навколишнє середовище.

В оцінках стійкості ЖЦ СВ та ОВТ економічні аспекти поєднуються з технічною підготовкою виробництва (ТПВ), технологічними особливостями, екологічними та соціальними впливами. Проте послідовності в перспективній методології оцінки ЖЦ поки ще не існує. У даному дослідженні розглянуті основні

стадії ЖЦ складної технічної системи (СТС), математична постановка задачі прийняття рішень при створенні СТС і умови по вибору методів вирішення завдання при аналізі альтернативних рішень. Показано значення процесу прийняття рішення на різних стадіях, при цьому на основі сучасних уявлень детально описана процедура прийняття рішень, яка включає сім етапів - від цілей вирішення проблеми і до її реалізації.

ЖЦ відноситься до нелінійних систем, які спроможні якісно змінювати свою поведінку при кількісній зміні впливу. Нелінійні системи – це складні системи. Відомі три основні проблеми для проведення оцінки життєвого циклу складних виробів та об’єктів військової техніки: проблеми порівнянності, *Big Data* та невизначеність.

Визначення мети, функціональності та системних меж можливих ЖЦ СВ та ОВТ, а також проблеми із визначенням методологій оцінки ЖЦ СВ та ОВТ становлять проблему порівнянності. Проблема порівнянності характеризується наступними визначеннями: мета дослідження, функціональність, межі системи та вибір методологій оцінки впливу на життєвий цикл.

Доступність, якість та масштабування даних - це проблеми, пов'язані з *Big Data*. Нарешті, невизначеність існує як всеохоплююча проблема при застосуванні перспективної моделі ЖЦ. Ці три завдання особливо важливі для перспективної оцінки нових технологій.

З розвитком сучасної промисловості, об'єкти управління ЖЦ СВ та ОВТ стають все більш складними, що створює багато нових проблем, пов'язаних, наприклад, з великим числом параметрів, що змінюються в часі, великими часовими затримками, високою нелінійністю процесів і складним зв'язком між вхідними та вихідними параметрами.

Вдосконалене керування технологічним процесом (APC-метод) підвищує якість виробничого управління шляхом розгляду конкретних результатів діяльності або економічних можливостей підприємства. Через різноманітності наявних засобів проектування та пріоритетних вимог до цих рішень, наданих різними виробниками, вони є практично ізольованими і відносно незалежними, що

ускладнює можливість інтеграції цих рішень для забезпечення комплексної автоматизації. З цієї причини споживачі можуть придбавати різні компоненти цих рішень з зарезервованими і задубльованими функціями, що буде призводити до непродуктивних витрат ресурсів і обмеженій взаємодії компонентів.

Використання статистичних методів і / або статистичних або стохастичних алгоритмів управління для досягнення однієї або більше наступних цілей:

a) збільшення знань щодо процесу;

b) регулювання процесу, для досягнення бажаної поведінки процесу;

c) зменшення відхилень параметрів готової продукції або досягнення інших поліпшень роботи процесу.

Мета і завдання, на вирішення яких спрямовано проект: Метою проекту є створення науково обґрунтованих основ для прийняття рішень щодо забезпечення відповідності встановленим вимогам складних виробів у машинобудуванні та об’єктів військової техніки на основі технологій управління життєвим циклом і моделей самоузгодженої взаємодії процесів при проектуванні, виготовленні та експлуатації.

Завдання, на вирішення яких спрямовано проект.

1) Встановлення логічних відношень і взаємозв’язків інформаційних процесів та їх даних у відповідності до стандартів.

2) Розробка методології, принципів і підходів створення, впровадження та використання інформаційних технологій для підтримки прийняття рішень при застосуванні інтегрованих систем управління якістю складних виробів на стадіях їх життєвого циклу.

3) Розробка принципів збирання, опрацювання й ефективного використання техніко-економічної інформації в єдиному інформаційному просторі організації.

4) Вдосконалення інформаційних моделей складних виробів та процесів, що їх супроводжують на стадіях життєвого циклу, з урахуванням ризиків у тому, що стосується можливості перевірки, використання даних та інформації в процесі прийняття рішення.

5) Розробка феноменологічної інформаційної моделі системи стандартів, що буде використана як інформаційний базис для інтегрованих систем управління якістю, екологічною безпекою та енергозбереженням залежно від виду продукції, вимог технічних регламентів, процедур оцінки відповідності, а також критерії оцінки ефективності застосування таких систем стандартів на підприємствах залежно від можливостей та напрямків діяльності.

6) Розробка нових науково обґрунтованих методів підтримки прийняття рішень про відповідність СВ та ОВТ встановленим вимогам на етапах їх ЖЦ при застосуванні загальносистемних еволюційних моделей, що враховують організованість структури процесів залежно при динамічній зміні внутрішніх та зовнішніх умов.

7) Розробка методологічних принципів впровадження у виробництво сучасних технологій, матеріалів та інструментів з метою забезпечення необхідної якості складних виробів.

8) Визначення ключових показників ефективності проектних та виробничих процесів залежно від вимог та базових об’єктів дослідження.

9) Розробка алгоритмів та проектних процедур прийняття рішень на основі цілісної моделі даних базових об’єктів технічної підготовки виробництва (ТПВ) та процесів виробництва.

10) Розробка нового методу аналізу, оцінки та прийняття рішень на стадії виробничого замовлення, виходячи з 3D-моделі СВ.

11) Розробка нового методу оцінки та прийняття оптимальних проектних рішень на стадії ТПВ виробу.

12) Розробка нового методу управління ефективністю процесів ТПВ та процесів оперативного управління виготовленням виробу з урахуванням ресурсних можливостей конкретного підприємства.

13) Апробація розроблених методів прийняття рішення в реальних умовах базових для дослідження підприємств машинобудівної та оборонної галузей.

Об’єкт дослідження: Інтегровані інформаційні системи підтримки прийняття рішень при управлінні процесами на стадіях життєвого циклу складних виробів у машинобудуванні та оборонній галузях.

Предмет дослідження: Теоретичні, методологічні та нормативно-методичні основи формування та ефективного використання техніко-економічної інформації на стадіях життєвого циклу складних виробів та об’єктів військової техніки з урахуванням самоузгодженої взаємодії процесів як відкритої системи, самоорганізація якої впливає на досягнуті результати щодо задоволення вимог замовника.

1. МЕТОДИКА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

Завдання даного розділу – сформулювати основні положення щодо забезпечення і оцінки зовнішньої та внутрішньої інтероперабельності складних виробів (СВ) у машинобудуванні та об’єктів військової техніки (ОВТ) як складних технічних систем (СТС).

Методика будується на основі єдиного підходу до забезпечення інтероперабельності складних технічних систем, якими є СВ у машинобудуванні та ОВТ при цьому використовуються принципи системної інженерії (рис. 1.1).

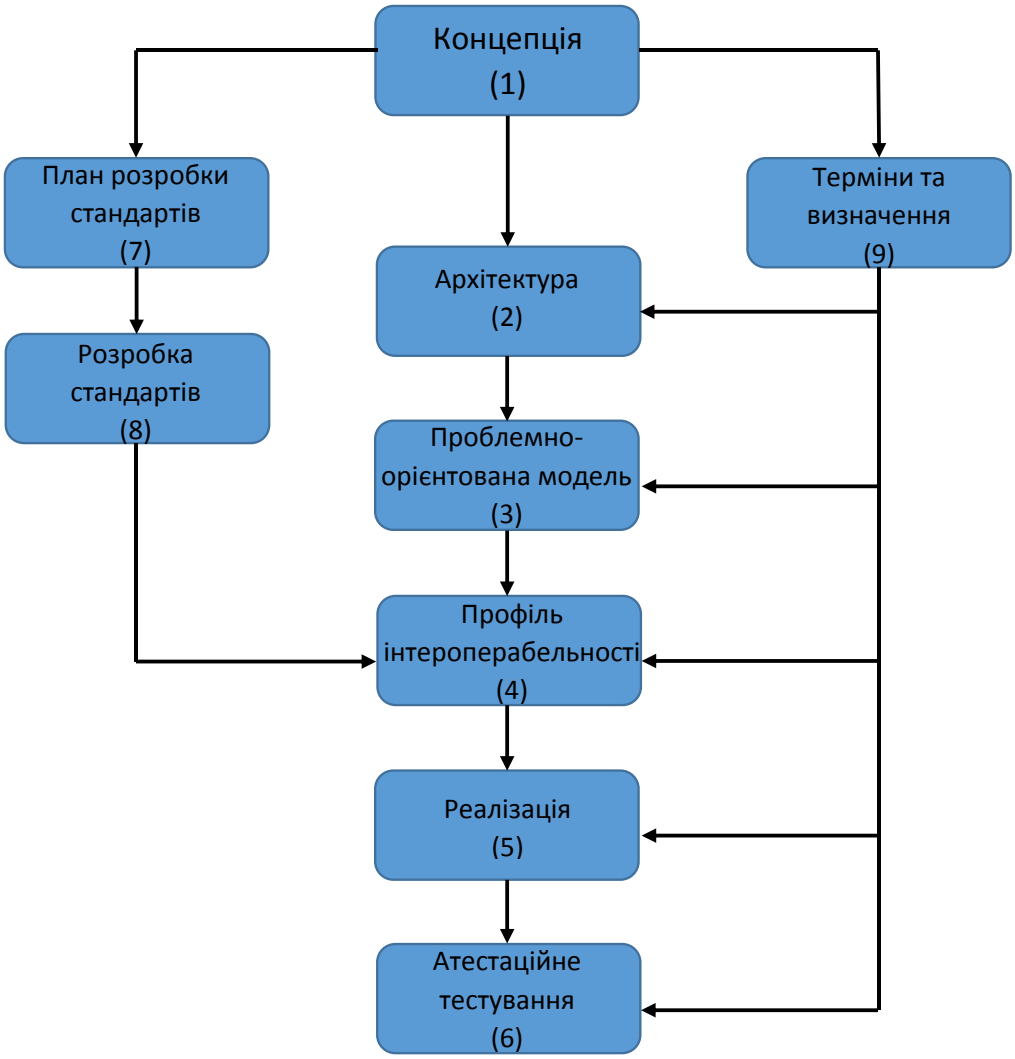


Рисунок 1.1 – Методика забезпечення інтероперабельності складних технічних систем: СВ у машинобудуванні та ОВТ

Методика містить як основні так і допоміжних етапи. До основних відносять етапи 1–6, а до допоміжних – етапи 7–9. Для забезпечення інтероперабельності повинні бути виконані всі основні етапи, наведені рисунку 1.1 з урахуванням специфіки предметної області складної технічної системи (СВ і ОВТ).

У розділі наведені керівні вказівки та набір рекомендацій, принципів і показників для керівників, замовників та розробників СВ і ОВТ по забезпеченню інтероперабельності складних систем і їх елементів під час створення та вдосконалення (розвитку).

1.1 Основні положення концепції створення складної технічної системи для забезпечення її інтероперабельності

Складність – фундаментальна властивість багатьох систем.

Складна система — це гетерогенне середовище, в якому проблеми взаємодії складових її підсистем (проблема інтероперабельності) є надзвичайно актуальними і водночас надзвичайно складними. Складна система охоплює більшість областей застосування, а проблема взаємодії має як спільні для всіх областей, так і власні характеристики для конкретної області застосування.

При вирішенні проблеми взаємодії для складних систем, особливо тих, що включають підсистеми з кількох областей, виняткову роль відіграє інтероперабельність на семантичному рівні, де існують різні онтології даних, формати структур даних і часто різна інтерпретація понять предметної області.

Для функціонування систем потрібен відповідний рівень складності [1], проте високий ступінь складності може послабити систему, особливо в динамічні періоди [2], може стати перешкодою для забезпечення безпеки, стійкості, ефективності та цілісності. Щоб оцінити складність системи взаємодія елементів якої може змінюватися та розвиватися динамічно за нелінійними законами необхідно врахувати велику кількість параметрів.

На рисунку 1.2 показано, в яких випадках впровадження складності може підвищити продуктивність, в яких після досягнення певної точки це призведе до

зниження продуктивності. Точка А є кращим співвідношенням між продуктивністю та складністю.

При об’єднанні різних елементів і систем у складну систему необхідно переходити від принципів інтегрованості до принципу інтероперабельності. Забезпечення інтероперабельності в складній системі є лише одним із основних завдань системної інженерії для складних систем [4].

Інтероперабельність означає здатність двох або більше систем обмінюватися інформацією та використовувати інформацію, отриману в результаті обміну.

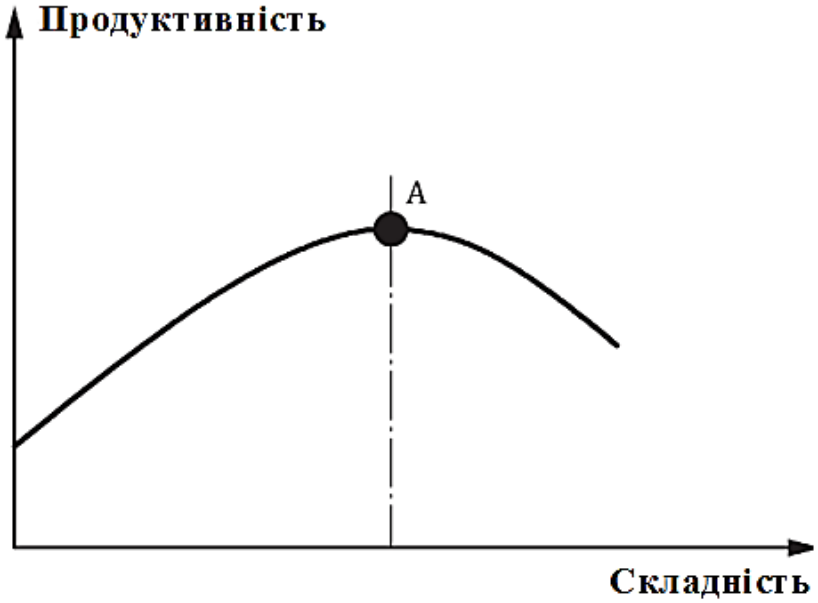


Рисунок 1.2 – Вплив складності на продуктивність

Взаємозв'язок між складністю та ефективністю є обернено U-подібною функцією, як показано на рисунок 1.2. Висока складність розглядається як нова форма ризику, яка ще називається «ризик, пов’язаний зі складністю». На складність системи впливають різні зовнішні та внутрішні фактори.

Для управління складними системами все частіше застосовуються поняття, принципи та процедури процесу архітектурізації [5].

Найбільш характерною особливістю складних систем є наявність великої кількості різнорідних елементів (які часто є самими системами), які об'єднані для досягнення мети функціонування сукупністю правил і зв'язків, наявністю

розвиненого математичного і програмного забезпечення, а також значний масив даних. Системи, які створені людиною можуть бути конфігуровані з одного або більше наступних компонентів: апаратних і програмних засобів, даних, людей, процесів (наприклад, процесів для забезпечення послуг користувачам), процедур (наприклад, інструкцій оператора), обладнання, матеріалів і природно утворюються сутностей.

Складність СВ та ОВТ досягла безпрецедентного рівня [2, 6]. Це відкрило нові можливості і в той же час призвело до ускладнення створювання та використовуваня таких складних технічних систем.

Під складною технічною системою (СТС) у даному дослідженні розуміється система, що складається з множини взаємодіючих підсистем, внаслідок чого вона набуває нових емерджентних властивостей як єдине ціле, які не можуть бути зведені до властивостей взаємодії окремих підсистем [7].

Найбільш характерною особливістю складних систем є наявність великої кількості різнорідних елементів (які часто є самими системами), що об'єднані для досягнення мети функціонування сукупністю правил і зв'язків, наявністю розвиненого математичного і програмного забезпечення, а також значний масив даних. Системи, які створені людиною можуть бути конфігуровані з одного або більше наступних компонентів: апаратних і програмних засобів, даних, людей, процесів (наприклад, процесів для забезпечення послуг користувачам), процедур (наприклад, інструкцій оператора), обладнання, матеріалів і природно утворюються сутностей.

Складні системи можна розбити на кінцеве число підсистем та елементів зі структурою зв'язків. Кожна підсистема, вирішуючи конкретну задачу, забезпечує тим самим досягнення спільної мети. При побудові складних систем докладаються зусилля щодо уніфікації та стандартизації системно-технічних рішень і правил, що забезпечують інтероперабельність елементів та систем різної приналежності. Взаємозв’язки між системою та повною множиною її системних елементів можуть представлятися у виді ієрархії найпростіших елементів, які відносяться до даної системи (рисунок 1.3) [1].

Рисунок 1.3 – Структура досліджуванної системи

Для більш складної системи передбачуваний системний елемент може бути самостійно розглянутий як система (яка в свою чергу складається з системних елементів). Повна множина системних елементів може бути з упевненістю визначена, як показано на рисунку 1.4.

Середовище системи становить сукупність об'єктів, які можуть перебувати поза системою, але взаємодіють з нею, можливо, змінюючи саму систему та її оточення. В життєвому циклі системи, що розглядається потрібні суттєві послуги від систем, які не є безпосередньо частиною експлуатаційного середовища. Відношення між послугами, які надаються в експлуатаційному середовищі системи, що розглядається, та послугами, які надаються системами які забезпечують функціонування даної системи, показані на рисунку 1.4. Надання можливостей з боку системи яка забезпечує функціонування опосередковано сприяє послугам, що надаються розглянутій системі. Взаємозв'язки між

розглянутою системою і системами які забезпечують її функціонування можуть бути двонаправленими або односторонніми.

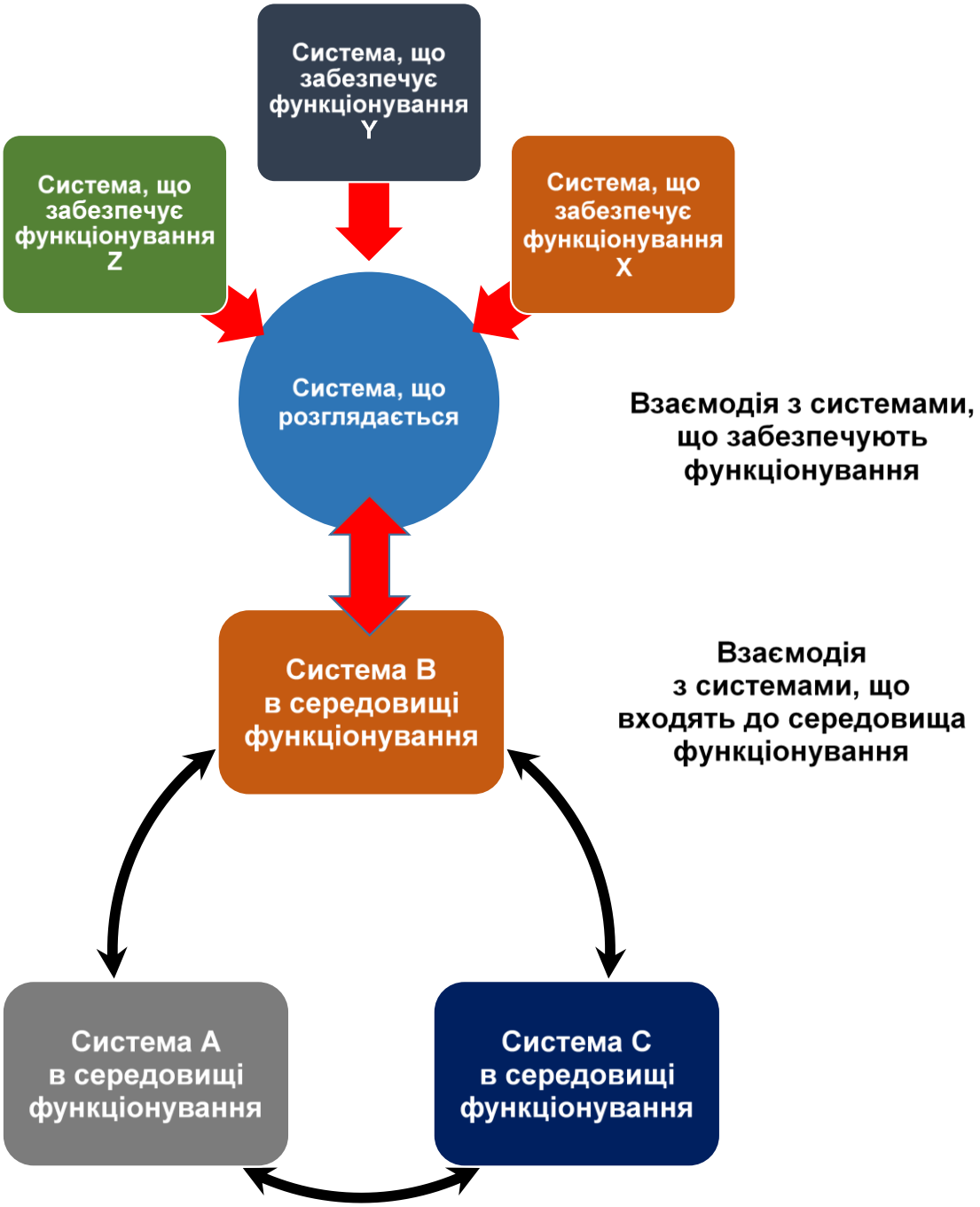


Рисунок 1.4 – Система що розглядається, її експлуатаційне середовище та системи, які забезпечують її функціонування

На стадіях життєвого циклу відповідні системи які забезпечують функціонування і розглянута враховуються спільно (рисунок 1.4). Так як ці системи є взаємозалежними, вони також можуть бути розглянуті як одна система. Якщо відповідної системи яка забезпечує функціонування не існує, проект, що є відповідальним за дану систему яка розглядається, може також бути безпосередньо відповідальним за створення і використання системи яка забезпечує функціонування. Створення системи яка забезпечує функціонування може розглядатися як окремий проект і пізніше як інша система що розглядається [8].

Під час взаємодії з системами які забезпечують функціонування, система, що розглядається може також взаємодіяти з іншими системами в експлуатаційному середовищі (такі системи позначені, як A, B і C) [9]. Вимоги для взаємодій з системами, які забезпечують для систем їх функціонування та іншими системами в експлуатаційному середовищі повинні бути включені до вимог для даної системи.

Властивості системи у цілому не є сукупністю всіх властивостей взаємопов'язаних об'єктів з її складу. Складні системи є нелінійними. Для їх опису використовуються нелінійні математичні рівняння, тобто рівняння, в яких шукані величини входять в ступенях більше одиниці, в складі математичних функцій (тригонометричних, логарифмічних і т.п.) або коефіцієнти залежать від властивостей середовища і особливостей протікання процесу. Нелінійні рівняння можуть мати кілька якісно різних рішень. Фізично це означає можливість різних шляхів еволюції системи.

Система систем (СС) є системою, що розглядається, елементи якої є самостійними системами. СС використовує інтегровану множину систем для вирішення таких завдань, які жодна зі складових систем не може виконати самостійно. Кожна складова система має свої власні керівництво, цілі та ресурси, координуючись в межах СС і адаптуючись для досягнення цілей СС [10].

Складні системи мають множину різних характеристик. Значення різноманітних характеристик складної системи та її елементів впливають не тільки на результати функціонування складної системи в цілому, а й мають взаємний вплив. Для складних систем на перший план виступає така якісна характеристика,

як сумісність, яка відображає здатність систем і сервісів функціонально взаємодіяти, що дає можливість отримати доступ до необхідних інформаційних ресурсів і функціональних можливостей у процесі спільного цілеспрямованого функціонування елементівскладної системи. У той же час причинами виникнення бар'єрів інтероперабельності можуть бути недостатні значення інших характеристик і субхарактеристик складної системи. На рисунку 1.5 показані основні характеристики складної системи.

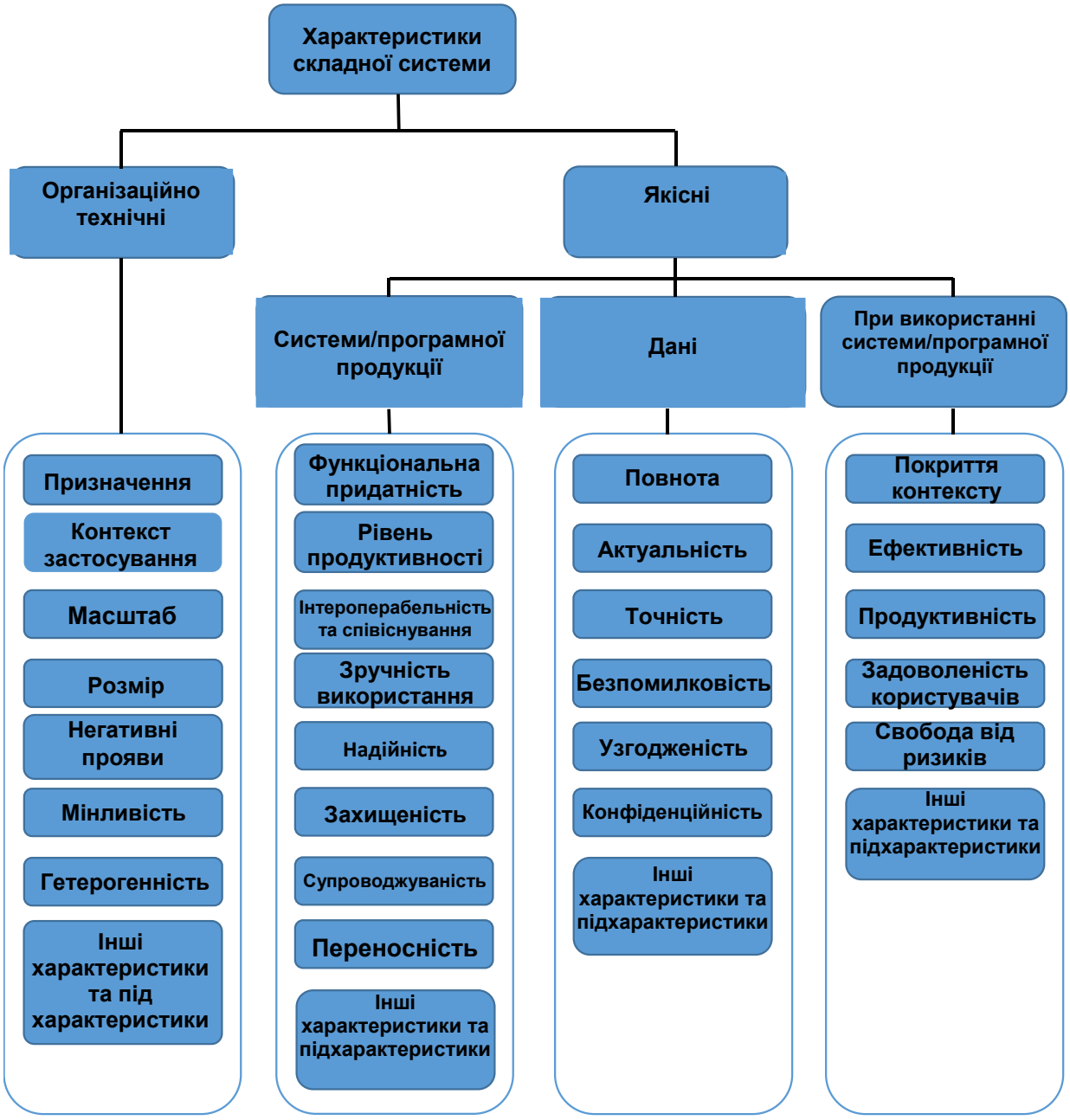


Рисунок 1.5 – Основні характеристики складної системи

Рисунок 1.6 ілюструє концептуальну модель базових принципів інтероперабельності підприємств.

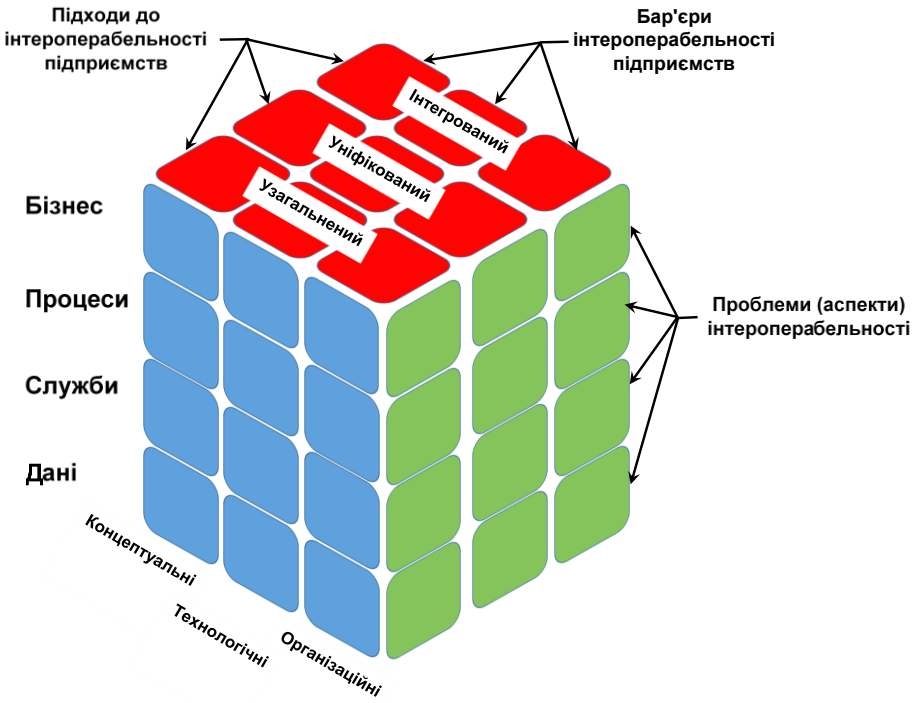


Рисунок 1.6 – Концептуальна модель інтероперабельності [2]

1.2 Проблемно-орієнтована модель інтероперабельності складної технічної системи

Для досягнення інтероперабельності в складній системі необхідно формувати специфікації вимог на основі моделей якості, що рекомендовані серією стандартів ISO / IEC 2500n. Серія стандартів ISO/IEC 25000, також відома як SQuaRE (Вимоги та оцінка якості системи та програмного забезпечення), має на меті створити основу для оцінки якості програмного продукту. ISO/IEC 25000 є результатом еволюції кількох інших стандартів; зокрема з ISO/IEC 9126, який визначає модель якості для оцінки програмного продукту, та ISO/IEC 14598, який визначає процес оцінки програмного продукту. У модель якості складної системи необхідно

включати характеристики критичні для інтероперабельності, а в специфікації вимог - задавати мінімально необхідний рівень даних характеристик.

Для забезпечення інтероперабельності складна інформаційна система проектується на основі єдиного підходу, який містить ряд етапів [13]:

– розробка концепції;

– побудова архітектури;

– побудова проблемно-орієнтованої моделі інтероперабельності;

– побудова профілю інтероперабельності;

– програмно-апаратна реалізація складної системи (елемента складної системи);

– атестаційне тестування

Концептуальні положення створення конкретної складної інформаційної системи (елемента складної системи) крім інших питань повинні відображати [14]:

– опис цілей функціонування складної системи та кожного з її елементів;

– опис потреб і очікувань усіх зацікавлених сторін, в інтересах яких функціонує складна система та кожен з її елементів;

– опис умов та обмежень функціонування складної системи (елемента складної системи);

– опис ключових ресурсів, необхідних для функціонування складної системи та її елементів;

– функціональні вимоги до системи та її елементів, які відображають, що саме кожен із елементів повинен виконувати в інтересах системи;

– не функціональні вимоги, які відображають необхідні і достатні значення параметрів швидкодія, надійність та інше.

Архітектура складної інформаційної системи, з точки зору інтероперабельності, є структурою з трьома розмірностями, яка відображає [15]:

– основні функції різних ІС для медичної сфери, які формують складну систему;

– сервіси (служби), які забезпечують інтероперабельність кожної підсистеми та складної системи в цілому;

– множину систем складових складної системи;

– множину елементів та підсистем, які входять до кожної системи.

Для забезпечення інтероперабельності складних інформаційних систем остаточні технічні рішення по їх будові вибираються з урахуванням еталонної та проблемно-орієнтованої моделей інтероперабельності. Еталонна та проблемно-орієнтована моделі інтероперабельності є розвиток семирівневої базової еталонної моделі будови складної системи з точки зору причин виникнення бар'єрної інтероперабельності (рисунок 1.7).

1.3 Функціональний підхід до опису та аналізу складних технічних систем

При функціональному підході зі складу всіх елементів системи виділяється група технічних, програмних та ергатичних елементів, які беруть участь у виконанні даної функції (рисунок 1.8).

Складна технічна система – багатофункціональна та багатокомпонентна система, що включає три спільно діючих компонента - комплекс технічних засобів (КТС), програмне забезпечення (ПЗ) і оперативний персонал (ОП) [18].

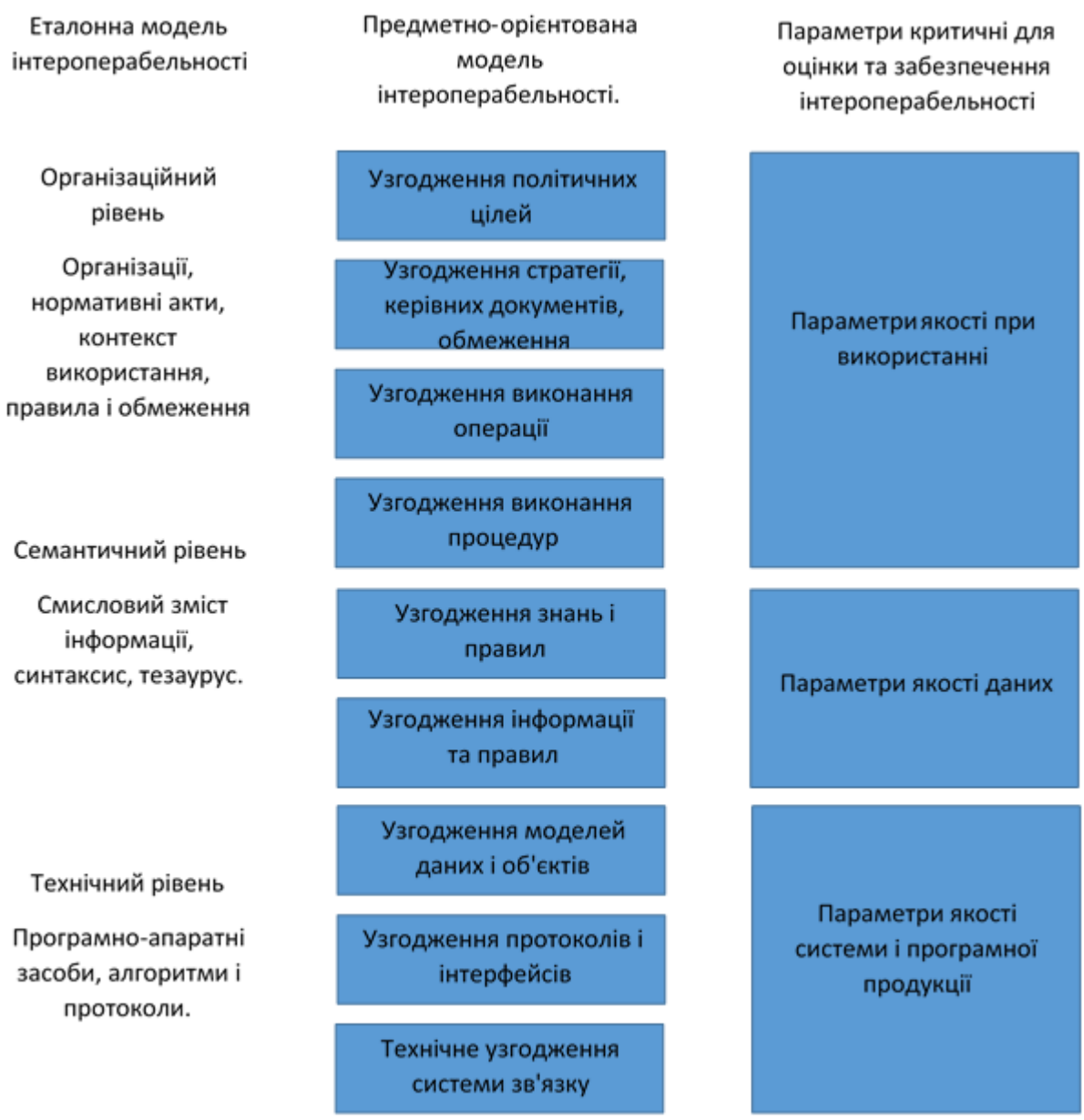


Рисунок 1.7 – Еталонна та проблемно-орієнтована моделі інтероперабельності

При цьому для розгляду питань щодо деякої (j-й) функції зі складу всіх елементів системи виділяється група технічних, програмних та ергатичних (людина-оператор (або група операторів)) елементів, що беруть участь у виконанні даної функції. Ця група елементів утворює j-ю функціональну підсистему (j-я ФПС або $ФПС_j$), розглянутої системи. Саме ця $ФПС_j$ підлягає аналізу при розгляді характеристик системи щодо реалізованої нею j-й функції. У складі підсистеми $ФПС_j$ (як і у складі системи в цілому) в загальному випадку можна виділити три компоненти [19]:

– група технічних засобів, що беруть участь в реалізації j-й функції (j-я функціональна підсистема КТЗ - $ФП_{КТЗj}$);

– група програмних засобів, що беруть участь в реалізації j-й функції (j-я функціональна підсистема ПЗ - $ФП_{ПЗj}$). Програмні засоби - це підсистеми або системні елементи, що складаються з комп'ютерних програм, відповідних процедур, документації та даних, що мають відношення до функціонування підсистеми або елемента;

– група ергатичного забезпечення (оперативний персонал), що бере участь в реалізації j-й функції (j-я функціональна підсистема ОП - $ФП_{ОПj}$).

За ознакою участі у виконанні деякої функції виділяють: функціональні підсистеми; за конструктивними ознаками можуть виділяти конструктивні підсистеми; за інформаційними ознаками – інформаційні підсистеми і т.д. Аналіз функціонування системи істотно спрощується, якщо її структура побудована так, що підсистеми, які виділяються за функціональними і конструктивними ознаками збігаються. Таким чином, система функцій формує характеристики функціональних підсистем $Х_{ФПС}$.

Рисунок 1.8 – Функціональні підсистеми

Стандарт ISO / IEC 11179-1:2015 [3] застосовується до формулювання подань даних, концепцій, значень та взаємозв'язків, якими мають ділитися люди та машини, незалежно від організації, яка виробляє дані.

За рівнями ієрархії можна визначити взаємозв'язок між множиною функцій (Ф) та множиною груп засобів ($ФП_{КТС}$, $ФП_{ПЗ}$, $ФП_{ОП}$).

Кожен рівень декомпозиції функції буде відповідати певній множині типів засобів μ функції $\Phi_{lj}^{\mu} \in \Phi^0$ відповідає множина $\left\{ФП_{lj}^{\mu}\right\}_Y$ типів засобів (j – індекс функції, що відповідає певному рівню ієрархії, *l* – кількість функцій, що відповідає певному рівню ієрархії). Певний тип засобу буде забезпечувати можливість принципового виконання функції. У результаті, відображення системи на множинні Ф буде задаватися на підсистемі ФПС. Відповідно до принципу взаємозв'язків певних рівнів системи засобів може розглядатися: формування множини елементарних засобів $ФП=\{ФП^0, ФП^1,...,ФП^{\mu-1}\}$, кожен із них буде приймати участь у забезпеченні виконання окремої елементарної функції множини $\Phi=\{\Phi^0, \Phi^1,...,\Phi^{\mu-1}\}$. Різні варіанти характеристик функціональної підсистеми $X_{ФПСi}$ можливо сформувати спрямованим вибором їх компонентів із множини $\{ФПС^0\}$ сукупності елементів $ФП_i \subset ФПС^0$, які приймають участь при виконанні множини функцій $\{\Phi^0\}$ [11]:

$$X_{ФПСi}:\left[\left\{\Phi_i^0\right\}\rightarrow\left\{ФПС_i^0\right\};\left\{\Phi_i^1\right\}\rightarrow\left\{ФП_i^1\right\};...;\left\{\Phi_i^N\right\}\rightarrow\left\{ФП_i^N\right\}\right];$$

при існуючих обмеженнях параметрів

$$X_{ФПС\min}^{1} \le X_{ФПС}^{1} \le X_{ФПС\max}^{1}; X_{ФПС}^{1} = \left\{X_{ФПС1}^{1}, X_{ФПС2}^{1},...,X_{ФПСk1}^{1}\right\};$$

$$X_{ФПС\min}^{2} \le X_{ФПС}^{2} \le X_{ФПС\max}^{2}; X_{ФПС}^{2} = \left\{X_{ФПС1}^{2}, X_{ФПС2}^{2},...,X_{ФПСk2}^{2}\right\};$$

.....

$$X_{ФПС\min}^{N} \le X_{ФПС}^{N} \le X_{ФПС\max}^{N}; X_{ФПС}^{N} = \left\{X_{ФПС1}^{N}, X_{ФПС2}^{N},...,X_{ФПСk\mu}^{N}\right\};$$

при заданих зв'язках множини Φ і $ФП$

$$\left\{\Phi^0\right\}\cdot\left\{ФП^0\right\}\rightarrow\left\{\Theta^0\right\};$$

$$\{\Phi^1\}\cdot\{\Phi\Pi^1\}\to\{\Theta^1\};$$

……..

$$\{\Phi^j\}\cdot\{\Phi\Pi^j\}\to\{\Theta^\mu\};$$

……..

$$\{\Phi^N\}\cdot\{\Phi\Pi^N\}\to\{\Theta^N\}$$

і зв’язках усередині множини Φ і $\Phi\Pi$

$$\{\Phi^1\}\cdot\{\Phi^2\}\to\{F^2,\nu^{1-2}\};$$

$$\{\Phi^2\}\cdot\{\Phi^3\}\to\{F^3,\nu^{2-3}\};$$

……..

$$\{\Phi^\mu\}\cdot\{\Phi^{\mu+1}\}\to\{F^{\mu+1},\nu^{\mu-(\mu+1)}\};$$

……..

$$\{\Phi^{N-1}\}\cdot\{\Phi^N\}\to\{F^N,\nu^{(N-1)-N}\}$$

$$\{\Phi\Pi^1\}\cdot\{\Phi\Pi^2\}\to\{\varepsilon^{1-2}\};$$

$$\{\Phi\Pi^2\}\cdot\{\Phi\Pi^3\}\to\{\varepsilon^{2-3}\};$$

……..

$$\{\Phi\Pi^\mu\}\cdot\{\Phi\Pi^{\mu+1}\}\to\{\varepsilon^{\mu-(\mu+1)}\};$$

……..

$$\{\Phi\Pi^{N-1}\}\cdot\{\Phi\Pi^N\}\to\{\varepsilon^{(N-1)-N}\},$$

де i – індекс, що відповідає характеристиці функціональної підсистеми $X_{ФПСi}$;

M – індекс, що відповідає кількості характеристик $X_{ФПСi}$;

μ – кількість необхідних засобів і-го виду і тих, що знаходяться на одному з ієрархічних рівні системи та які необхідні при виконання j-ї функції за одиницю заданого часу τ;

N – відповідно кількість заданих рівнів ієрархії;

$X_{ФПС\min}, X_{ФПС\max}$ – певні межі характеристик заданої функціональної підсистеми на j - му заданому рівні ієрархії;

k_j – відома кількість встановлених параметрів заданої функціональної підсистеми на j - му рівні ієрархії системи;

Θ – кореляційний зв'язок між Ф та ФП;

F – кореляційний зв'язок рівнів ієрархії системи функцій Ф;

ν – кореляційний зв'язок між рівнями у середині Ф;

ε – кореляційний зв'язок між рівнями у середині системи ФПС.

Параметра ФПС обмеження задані для кожного утворюють допустимий простір параметрів $X_{ФПС}$. На параметри виявляються обмеження на підставі аналізу прогнозованих умов застосування і створення СТС. Оцінюється (варіанта побудови СТС) якість рішення за сукупністю суперечливих приватних критеріїв, що є функціями від заданих параметрів $X_{ФПС}$. Сукупність функцій утворює вектор цільової функції який має бути в області допустимих значень.

Передбачається, що зовнішні умови, які впливають на функціонування системи, відомі і фіксовані. Тоді векторний критерій функціонування системи є функцією тільки концептуальних параметрів. Оптимальний набір (вектор) потрібно визначити концептуальних параметрів системи, який оптимізує (у певному змісті) вектор критеріїв за відомих обмежень. Зовнішні умови, які впливають на функціонування системи завідомо відомі та фіксовані. Проводячи аналіз існуючих функціональних підсистем можна спостерігати багатовимірність їх характеристик, тому при проведенні практичних розрахунків використовують кластерний аналіз. Нормування показників функціональних підсистем проводять для безпосередньої їх класифікації. Підхід, що наведений у роботі [11] відображає перетворення показників за допомогою перетворення інтервалу їх можливих фактичних значень в інтервалі [4; 14]. Це можна виконати використовуючи формули

$$X^{H}_{ФПС_{ij}} = \frac{X_{ФПС_{ij}} - X_{ФПС\min_j}}{X_{ФПС\max_j} - X_{ФПС\min_j}}, \quad (1.1)$$

де $X^{H}_{ФПС_{ij}}$ – нормований *i*–й показник j–ї функціональної підсистеми;

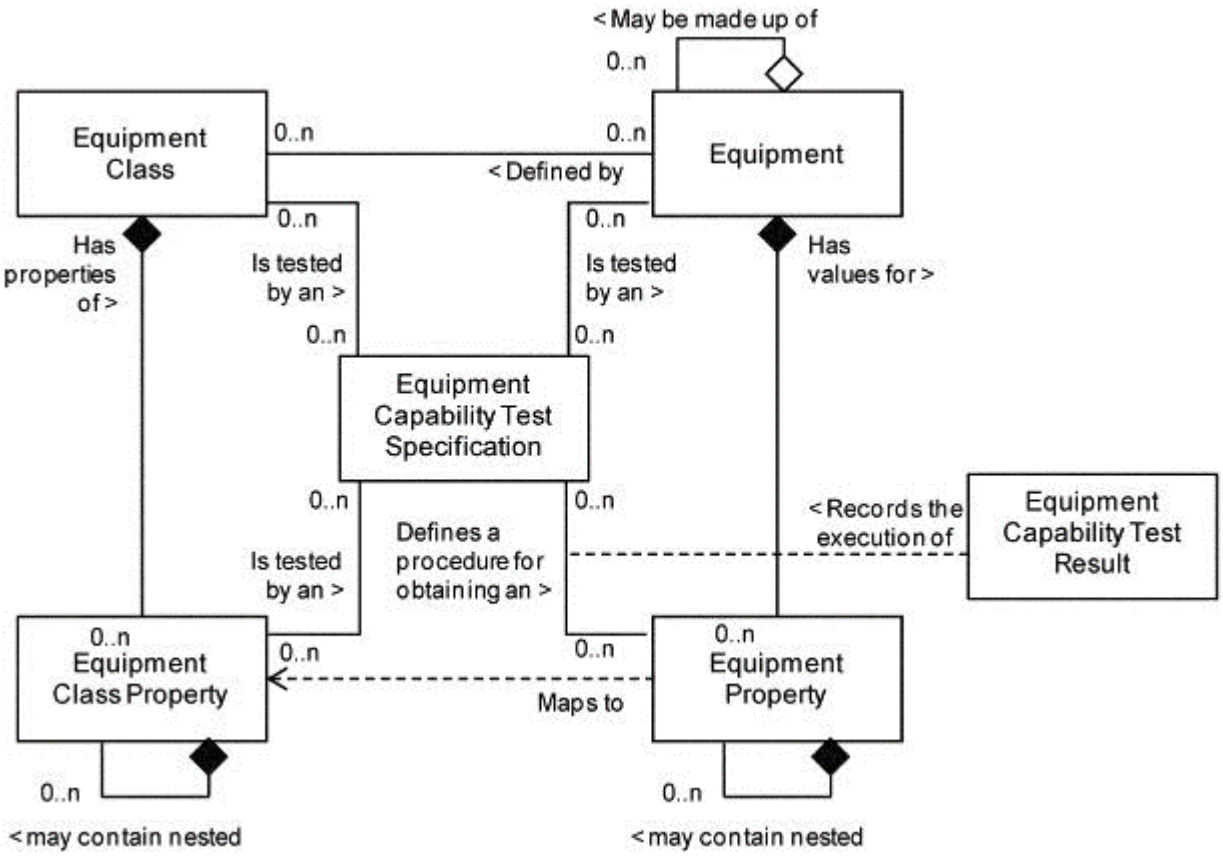
$X_{ФПС_{ij}}$ – значення і–го показника j–ї функціональної підсистеми;

$X_{ФПС\max_j} = \max_i \{X_{ФПС_{ij}}\}$; $X_{ФПС\min_j} = \min_i \{X_{ФПС_{ij}}\}$.

Високоякісне програмне забезпечення та програмні обчислювальні системи мають важливе для зацікавлених сторін значення у виробництві матеріальних цінностей та запобігання можливих негативних наслідків.

Високоякісне програмне забезпечення та програмні обчислювальні системи мають важливе для зацікавлених сторін значення у виробництві матеріальних цінностей та запобігання можливих негативних наслідків.

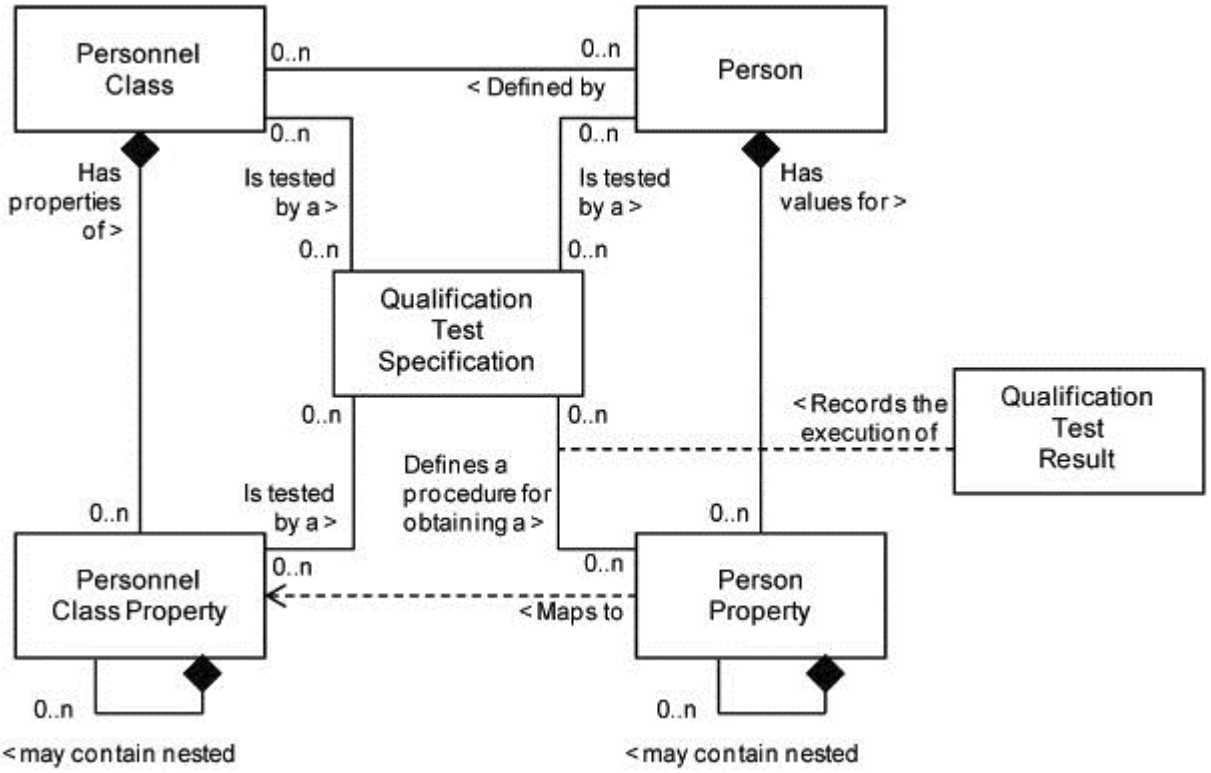
Модель комплексу технічних засобів [20], яка приведена на рисунку 1.9, містить інформацію про конкретне обладнанні, класи обладнання, перевірку функціональних можливостей обладнання. Обладнання, що використовується на підприємстві, можна представити у вигляді ієрархічної структури (як це визначено відповідно до IEC 62264-1:2013). До рівнями ієрархії відносяться підприємство в цілому, виробнича площадка, виробнича дільниця, робочий центр, робоча операція та саме устаткування, яке використовується у виробничому процесі.



<May be made up of - Може бути складений з ...; Equipment Class - Клас обладнання; <Defined by - Визначено через ...; Equipment - Обладнання; Has properties of> - Має такі властивості; Is tested by an> - Тестований за допомогою ...; Has values for> - Має значення для ...; Equipment Capability Test Specification - Специфікація випробувань можливостей обладнання; Equipment Class Property - Властивість класу обладнання; Defines a procedure for ob taining an> - Визначає процедуру отримання ...; <Records the execution of - Реєструє виконання ...; Equipment Capability Test Result - Результати випробувань можливостей обладнання; Maps to - Показує на ...; Equipment Property - Властивість обладнання; <May contain nested - Може містити вкладені .

Рисунок 1.9 – Модель комплексу технічних засобів

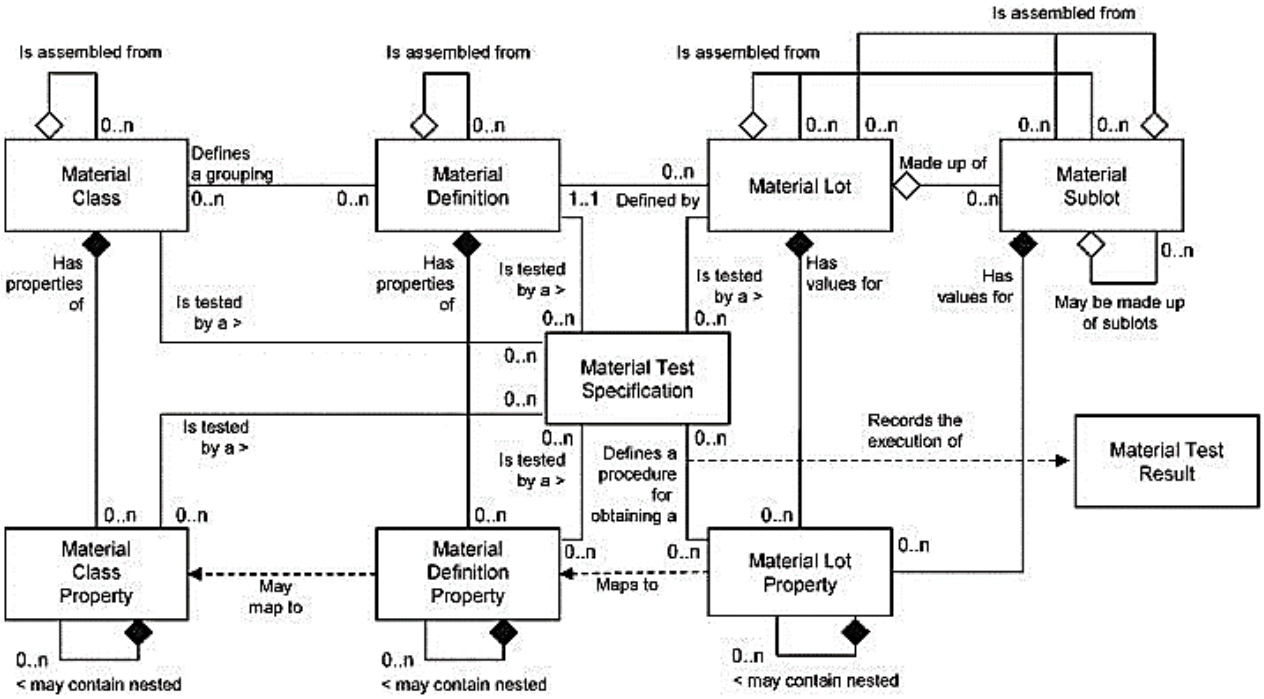
Модель персоналу [21], показана на рисунку 1.10, містить інформацію про конкретний персонал, класах персоналу та кваліфікації персоналу.



Personnel Class - Клас персоналу; <Defined by - Визначено за допомогою ...; Person - Фізична особа; Has properties of> - Має властивості ...; Is tested by a> - Перевірено за допомогою ...; Has values for> - Має значення для ...; Qualification Test Specification - Специфікація кваліфікаційних вимог; <Records the execution of - Реєструє виконання ...; Qualification Test Result - Результат кваліфікаційного тесту; Defines a procedure for obtaining a> - Визначає процедуру отримання ...; Personnel Class Property - Властивість класу персоналу; <Maps to - Відображається на ...; Person Property - Властивість фізичної особи; <May contain nested - Може мати вкладені

Рисунок 1.10 – Модель оперативного персоналу

Модель матеріалу, наведена на рисунку 1.11, ідентифікує фактичний матеріал, дає визначення матеріалів, а також інформацію про класи визначень матеріалів [22, 23, 24]. Інформація про матеріал включає в себе інформацію про такі матеріально-виробничих запасах як сировина, Готова продукція, проміжні матеріали та витратні матеріали. Інформація про плановані або фактичні матеріали міститься в інформації про партії (подпартіі) матеріалу. Класи матеріалу визначаються для організації виробництва (використання) матеріалу.



Is assembled from - Зібраний з ...; Material Class - Клас матеріалів; Defines a grouping - Визначає угруповання; Material Definition - Визначення матеріалу; Defined by - Визначено через ...; Material Lot - Партія матеріалу; Made up of - Складено з ...; Material Sublot - Подпартія матеріалу; Has properties of - Має властивості ...; Is tested by a> - Протестований за допомогою ...; Has values for - Має значення для ...; May be made up of sublots - Може бути складений з подпартіі; Material Test Specification - Специфікація випробувань матеріалу; Records the execution of - Реєструє виконання ...; Material Test Result - Результат випробування матеріалу; Defines a procedure for obtaining a - Визначає процедуру отримання ...; Material Class Property - Властивість класу матеріалу; May map to - Може відображати на ...; Material Definition Property - Властивість визначення матеріалу; Maps to - Відображається на ...; Material Lot Prooertv - Властивість партії матеріалу; <May contain nested - Може містити вкладені елементи ...

Рисунок 1.11 – Модель матеріалу

Компоненти СТС на прикладі компресорного обладнання (КО) [9] показані на рис. 1.12.

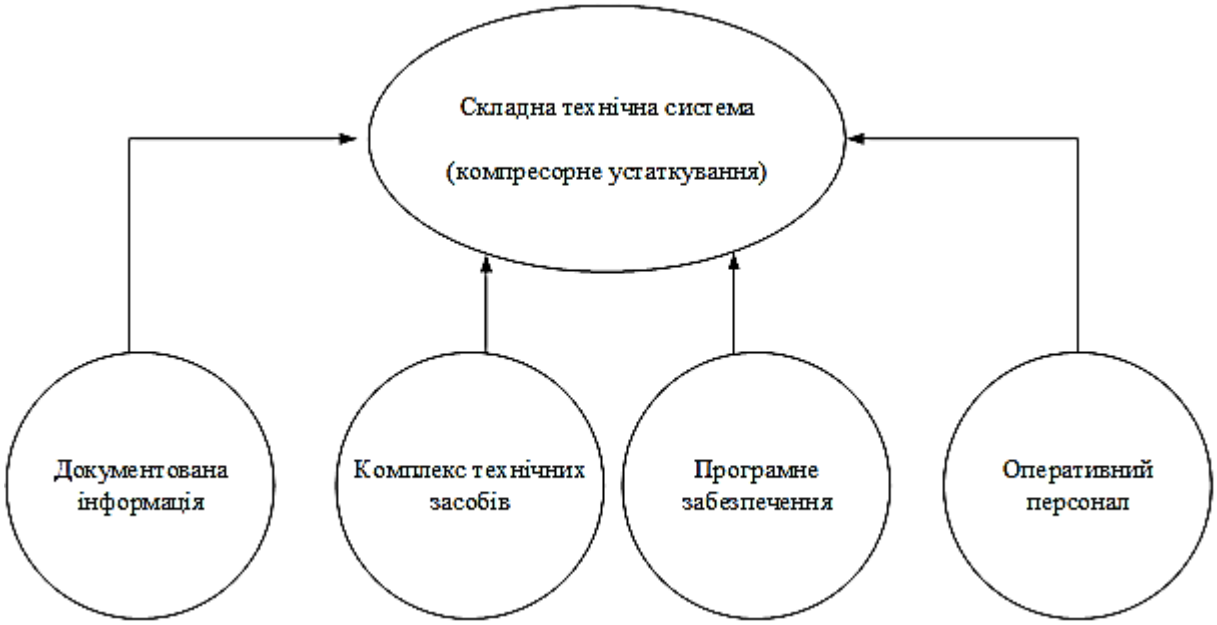


Рисунок 1.12 – Компоненти компресорного обладнання

Проектування, виробництво та експлуатація компресорного обладнання визначає взаємодію, яка включая технічні та програмні інструменти, а також персонал, який інтегрований в рамках єдиної системи за допомогою інформаційних, енергетичних і матеріальних потоків [25].

Ці компоненти впливають на ефективність реалізації функції КО не ізольовано, а в тісному взаємозв'язку один з одним, що виявляється у здатності одного коригувати два інші за рахунок ефективності виконання його функцій. Між компонентами діють просторово-часові відносини.

1.4 Архітектура складної технічної системи

Осмислення архітектури системи, яка виражається в описі архітектури, сприяє розумінню системної суті та основних властивостей, що мають відношення до її поведінки, складу і розвитку. Вони, у свою чергу, впливають на інтереси, наприклад такі, як виконуваність, корисність та супроводжуваність системи [4].

Описи архітектури використовуються сторонами, які створюють, застосовують сучасні системи та управляють ними, для поліпшення зв'язку і співпраці, дозволяючи їм працювати інтегрованим послідовним чином.

Еталонні архітектури, як показано на рисунку 1.13, розробляються для розв'язання широкого кола завдань [5]. Основне призначення еталонної архітектури полягає в орієнтації на майбутнє та використанні в якості основи для майбутніх реалізацій.

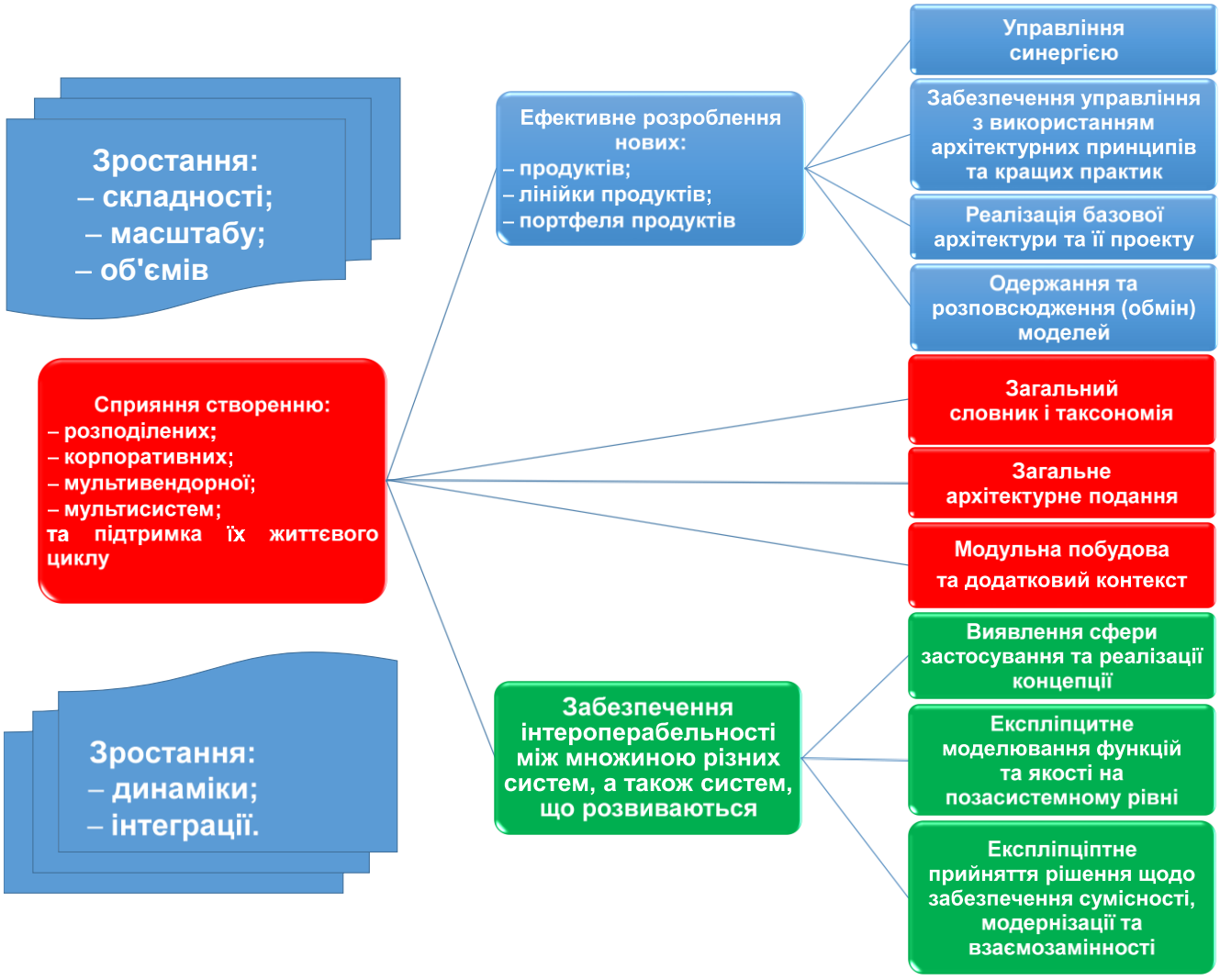


Рисунок 1.13 – Концепція еталонних архітектур

Висновки до розділу

Основою розробки прикладних систем СВ та ОВТ є прикладні специфікації, що встановлюють вимоги до функціональності та характеристик прикладних систем. Такі специфікації зазвичай включають текстові описи, креслення, діаграми та посилання на інші специфікації. Чимало системних інтеграторів та кінцевих користувачів, що працюють в різних секторах ринку, або розробляють численні аналогічні прикладні специфікації (одну для кожного проекту), або загальну прикладну специфікацію, що містить вимоги для кожного проекту.

Для підтримки СТС на стадіях життєвого циклу СВ та ОВТ застосовується складні організаційні системи що забезпечують їх функціонування. Кожна стадія життєвого циклу може потребувати однієї або більше таких систем. Також можуть виявитися необхідними системи що забезпечують, які використовуються для даної системи на стадіях застосування, підтримки, вилучення та списання. Важливо відзначити, що у системи що забезпечує є свій власний життєвий цикл.

Розробка комп’ютерних моделей складних об'єктів ієрархічного типу, що допускають декомпозицію аналізованого об’єкта моделювання на складові її елементи, полягає в послідовному аналізі та моделюванні окремих його компонентів з подальшим встановленням зв’язків між моделями компонентів.

Для дослідження інтеграції систем управління підприємством визначаються межі між доменом підприємства та доменом управління виробничими операціями. Ці межі ідентифікується за допомогою відповідних моделей, які відображають функції підприємства, фізичне устаткування та інформацію всередині домену МО & С, а також інформаційні потоки між двома зазначеними доменами.

Для збільшення ефективності використання виробничих ресурсів досліджується інформація щодо процесів, обладнання, операторів та матеріалів, з метою забезпечення ефективного зворотного зв'язку за допомогою KPI-показників.

2. МЕТОДОЛОГІЧНІ ПРИНЦИПИ УПРАВЛІННЯ СКЛАДНИМИ ОРГАНІЗАЦІЙНО–ТЕХНІЧНИМИ СИСТЕМАМИ ПІД ЧАС ПРОЕКТУВАННЯ, ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ СВ ТА ОВТ

2.1 Функціональні та часові категорії прийняття рішення

Терміни та визначення

Виділення ресурсів (allocation): Форма управління координацією робіт, при якій здійснюється виділення ресурсів для конкретної виробничої партії або технологічної установки.

Виробничі ресурси (manufacturing resource): Фізична (логічна) сутність, що сприяє організації виробничого процесу.

Кожна виробнича система має власний життєвий цикл, що складається з фаз проектування, створення/реконфігурування, експлуатації та виведення з експлуатації. Виробнича система здійснює виготовлення продукції на фазі експлуатації в точці перетину життєвого циклу виробничої системи і життєвого циклу продукції (див. рисунок 2.1) [2, 10, 14, 25].

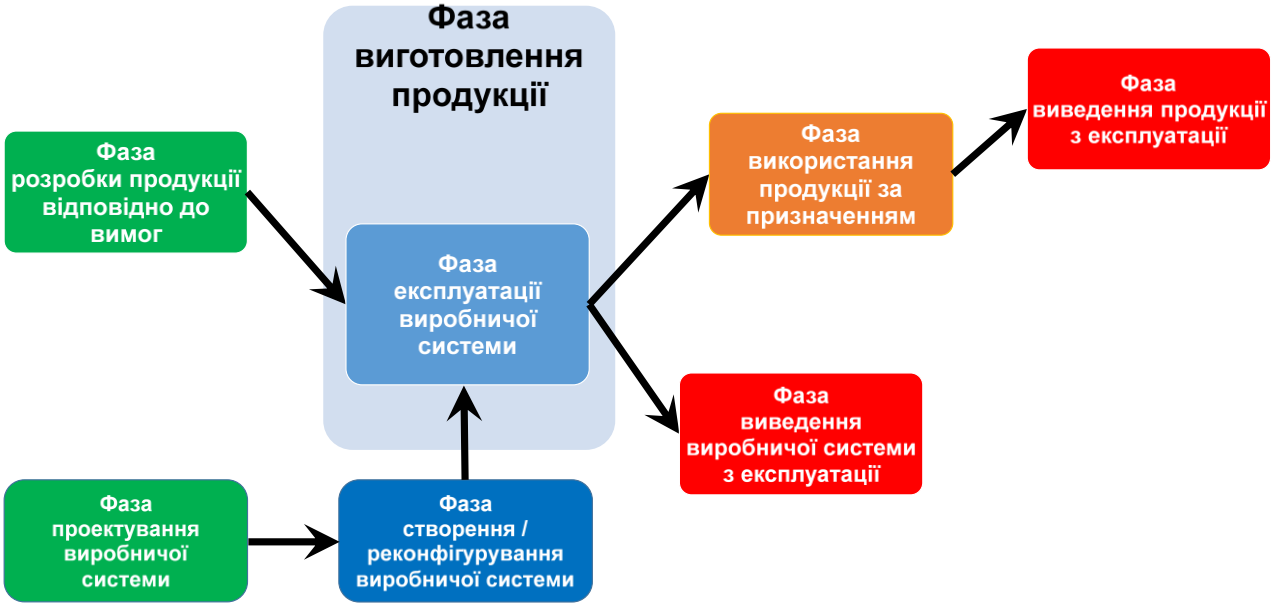


Рисунок 2.1 – Взаємодія фаз життєвого циклу виробничої системи та продукції

Виробнича система розвивається через свій ЖЦ як результат дій, виконуваних та керованих спеціалістами організації, використовуючи для цих дій процеси.

При оцінці екологічної ефективності необхідно брати до уваги такі аспекти виробничої системи:

– тип та обсяг продукції, що випускається;

– особливості виробничого процесу;

– конфігурація виробничої системи.

Для подання інформаційного обміну між різними видами діяльності відповідно до IEC 62264-4:2015 [6] використовується набір моделей (рисунку 2.2). В IEC 62264-2:2015 визначаються інформаційні моделі, якими можна обмінюватися між різними видами діяльності рівнів 3 і 4.

Інша інформація, що представлена на рисунку 2.2 (у вигляді елементів хешировать) визначається в інших стандартах, наприклад, в IEC 61512 та IEC 62541.

Екологічна ефективність виробничої системи може залежати від змін у виробленій продукції, наприклад від зміни обсягу продукції, що випускається та / або її номенклатури, від зміни планів виробництва продукції або структури самої виробничої системи. Останнє також відноситься і до змін в системі управління виробничими процесами.

Виробничі системи мають тривалий життєвий цикл і можуть робити різний вплив на навколишнє середовище [27], що виникає в результаті циклічних змін при реконфігурації систем, наприклад при зміні компонування (розташування структурних елементів), складу технологічного обладнання, його модернізації для розширення функціональних можливостей, при зміні номенклатури продукції, підвищенні ефективності та сумісності, а також екологічної ефективності. Концепція "етап життєвого циклу" корисна для точного визначення того, який екземпляр або варіант конфігурації виробничої системи необхідно оцінювати. Концепція "етап життєвого циклу" корисна для точного визначення того, який екземпляр або варіант конфігурації виробничої системи необхідно оцінювати.

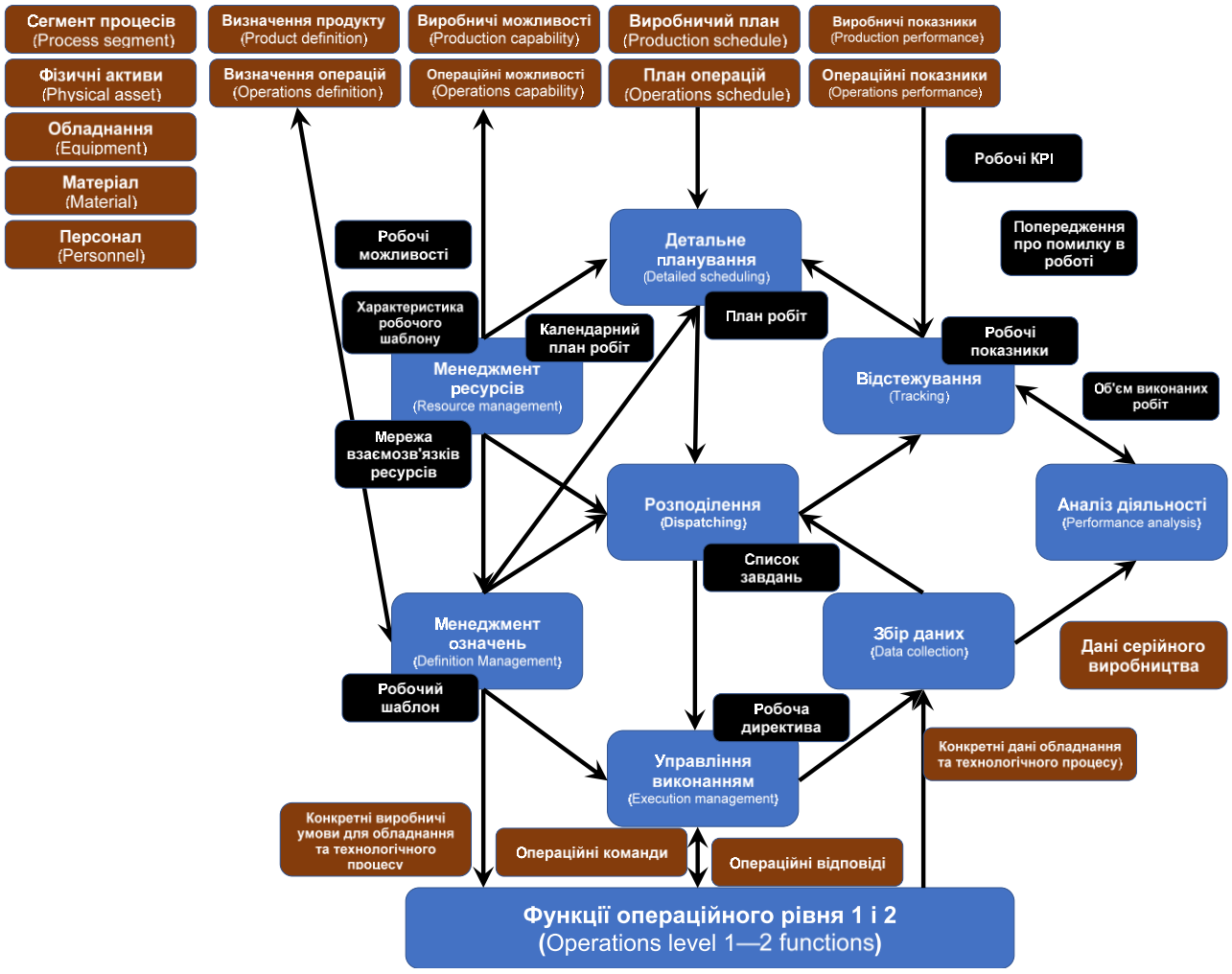


Рисунок 2.2 – Моделі інформаційного обміну для управління виробничими операціями

Серед етапів життєвого циклу виробничої системи лише дві категорії етапів [етап експлуатації та CRR-етап] представляють інтерес для оцінки впливу системи на навколишнє середовище. CRR-етап виробничої системи поділяють на підетапи створення системи, її реконфігурування та виведення з експлуатації.

Інформаційна модель [7], яка використовується для оперативного управління виробничими операціями, представлена як модель календарного планування виробництва (виробничого планування), модель виробничих показників, модель визначення продукту та модель виробничих можливостей (рисунок 2.3).

В межах підприємства різні виробничі підрозділи (області), наприклад збуту продукції, виготовлення, проектування, маркетингу та інші служби підтримки виробництва мають різні набори техніко-економічних показників, які використовують спільно для безперервного контролю поставлених перед підприємством бізнес-цілей.

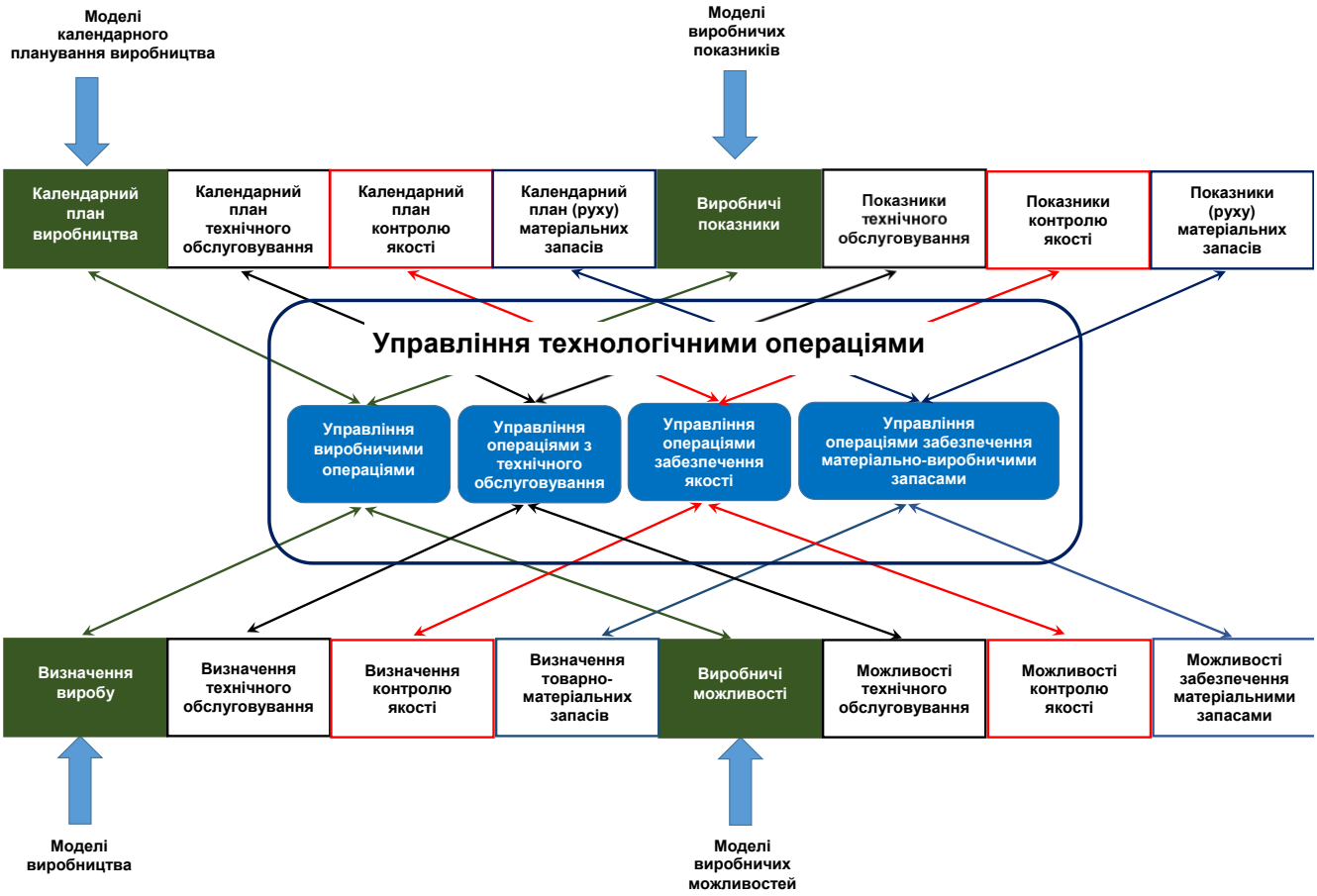


Рисунок 2.3 – Інформаційні моделі управління виробничими операціями

Чотири елементи інформації (визначення продукції, виробничі можливості, виробничий план-графік та виробничі характеристики) відповідають інформації, що передається [8].

Інформаційна модель [9] управління узагальненими операціями також використовується для надання обмінюваної інформації з інших областей керування виробництвом, коли потреби перевищують об'єм тільки виробничої інформації (див. Рисунок 2.3).

Створення висококонкурентної продукції пов'язане з прийняттям обґрунтованих та правильних рішень, що може бути забезпечено застосуванням системного підходу до створення нової продукції і сучасних методів з області теорії прийняття рішень.

Дії щодо прийняття рішень можна класифікувати відповідно за трьома функціональними категоріями в залежності від основних елементів, які з ними пов'язані, а саме: продукція (P), ресурси (R) і час (T). Різні комбінації цих елементів дають наступну класифікацію функцій (див. рисунок 2.4):

– "управління продукцією" (наприклад, готовими виробами, деталями і сировиною). Ця функція зв'язана з управлінням продукцією в часовій області (P∩T). Основні рішення даної категорії зв'язані з номенклатурою, термінами та обсягами продукції, що закуповується, а також з прийнятними рівнями запасів;

– "управління ресурсами" (наприклад, ресурсами в сфері інформаційних технологій і виробництва, а також з трудовими ресурсами). Ця функція зв'язана з управлінням ресурсами в часовій області (R∩T). Основні рішення даної категорії зв'язані з обсягом ресурсів;

– "планування виробництва" (наприклад, розробка укрупненого графіка, цехове планування виробництва і т.п.). Ці рішення пов'язані з плануванням виробництва, що дозволяє синхронізувати потоки продукції (з використанням ресурсів) в тимчасовій області (P∩R∩T).

Інтеграційна модель ресурсів визначає прилади, комунікаційну мережу, обладнання, людей та матеріали, які задіяні в процесі, що моделюється. Інтеграційна модель ресурсів також ідентифікує основні інтерфейси між цими ресурсами, що дозволяє їм взаємодіяти і забезпечувати необхідні функції і послуги для підтримки автоматизації і управління процесом.

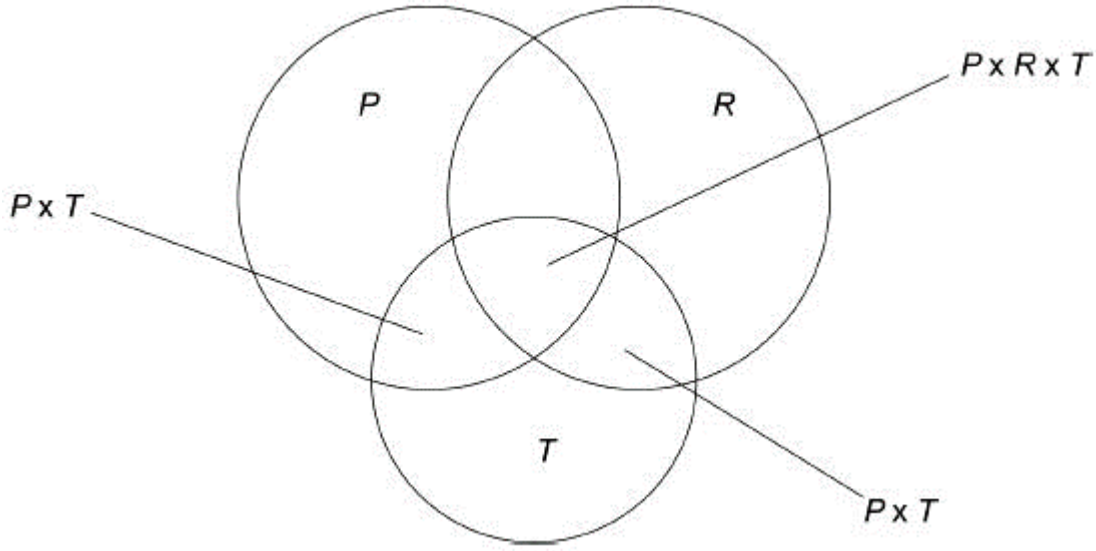
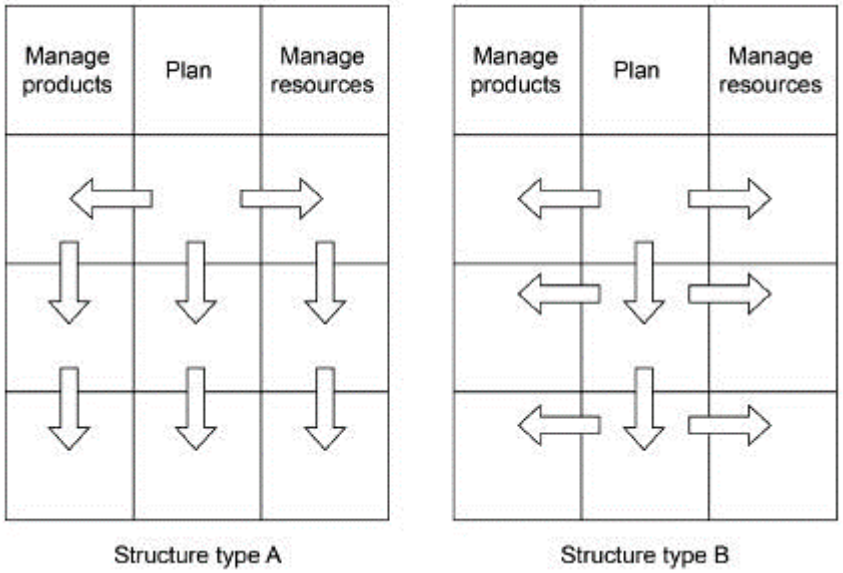


Рисунок 2.4 – Три основні області прийняття рішень

Існують два основних типи структур, визначених зв'язками між рішеннями (областями рішень): типи A і B (рисунок 2.5). Структура типу A характеризує координацію між різними рівнями, а тип B - синхронізацію між різними функціями. Вибір структури залежить від організаційної мети підприємства.

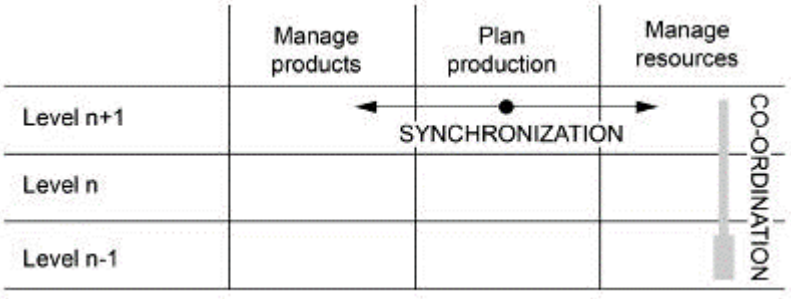


Manage product - Управління продукцією; Plan - Планування виробництва; Manage resources - Управління ресурсами; Structure type - Тип структури

Рисунок 2.5 – Структури зв'язків прийняття рішень

2.2 Формальне представлення моделі прийняття рішень

Модель прийняття рішень може бути представлена у вигляді сітки-матриці (grid) (див. рисунок 2.6), рядки якої відповідають рівням прийняття рішень, а стовпці - доменам прийняття рішень (функціям).



Manage product - Управління продукцією; Plan production - Планування виробництва; Manage resources - Управління ресурсами; Synchronization - Синхронізація; Coordination - Координація; Level – Рівень

Рисунок 2.6 – Формальне представлення моделі прийняття рішень

Наступні правила моделювання сформульовані, ґрунтуючись на передовому практичному досвіді застосування методології GRAI:

– модель прийняття рішень повинна містити принаймні три рівні прийняття рішень, а саме довгострокового, середньострокового та короткострокового. У деяких випадках кожен з трьох зазначених рівнів можна розбивати на кілька підрівнів, наприклад, довгостроковий рівень прийняття рішень може мати два підрівні, які пов`язані відповідно зі стратегіями виробництва і довгостроковим плануванням виробництва;

– модель прийняття рішень повинна містити принаймні три функції, а саме "планування виробництва", "управління ресурсами" та "управління продукцією". Залежно від специфіки розглянутого виробництва в цю модель можна вводити і інші функції, пов'язані з дослідженнями. У деяких випадках функцію "управління ресурсами" можна розбивати на функції "управління трудовими ресурсами" та "управління машинними ресурсами", а функцію "управління продукцією" - на функції "управління закупівлями" та "управління запасами";

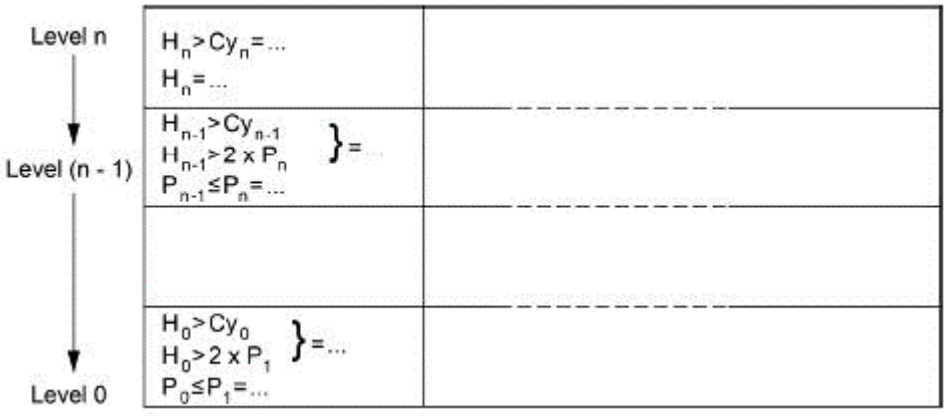
– на заданому рівні прийняття рішень часовий горизонт повинен перевищувати час робочого циклу, яке визначається прийнятим на даному рівні рішенням;

– при заданому рівні прийняття рішень часовий горизонт повинен перевищувати період;

– рівні прийняття рішень необхідно класифікувати в порядку зменшення тимчасових горизонтів і зменшення періодів в рамках рівних часових горизонтів;

– часовий горизонт на рівні n-1 повинен принаймні в два рази перевищувати період на рівні n.

Рисунок 2.7 ілюструє зв'язок тимчасової узгодженості з рівнями прийняття рішень, прийнятими при побудові моделі.



Level - Рівень

Рисунок 2.7 – Тимчасова узгодженість між рівнями прийняття рішень

Різні роботи з планування та управління виробництвом розділені на категорії і накладаються на базову структуру системи прийняття рішень.

Еталонна модель прийняття рішень має три основні функції (домену рішень):

– "управління продукцією", яке пов'язане з рішеннями з управління продукцією (сировиною, деталями або складальними вузлами), спрямованими на отримання готових товарів;

– "планування виробництва", яке пов'язане з рішеннями, що стосуються перетворення продукції за допомогою ресурсів. Основною метою цієї функції

полягає в управлінні виробництвом шляхом синхронізації рішень, прийнятих за допомогою функцій "управління продукцією" і "управління ресурсами";

– "Управління ресурсами", яке пов'язане з рішеннями, що визначають методи управління ресурсами (трудовими або машинними), а також методи управління виробничими потужностями в залежності від виробничих навантажень.

При розгляді інформаційного забезпечення прийняття рішень, що забезпечують відповідність складної продукції встановленим вимогам щодо формування та оптимізації виробничого потенціалу підприємства, до якого входять основні виробничі фонди, виробничий персонал, технологічні, енергетичні та інформаційні ресурси, застосовується класична схема. Побудова виробничої функції складається з двох етапів. По-перше, на основі якісного аналізу об'єктів моделювання та його цілей зі списку класів математичних функцій $F = \{f(x_1,\ldots,x_n,a_1,\ldots,a_k)\}$ вибирається параметричний клас $x_1,...,x_n$, всі елементи якого, як функції, мають відповідні характеристики.

Таким чином, встановлюється тип виробничої функції (ПФ) [3,13,20]. Тоді функція цього «типу» $Y = f(x_1,...,x_n;a_1,\ldots,a_k)$ розглядається як рівняння регресії, оцінка параметрів $(a_1,...,a_k)$ якого визначається з умови мінімізації суми квадратів відхилень значень функції $f(x;a)$ в точках спостереження $x(t)$, $t=1,\ldots,T$, від значень $Y(T)$, $t=1,\ldots,T$:

$$\sum_{t=1}^{T}(y(t)-f(x(t);a))^2 \to \min \qquad (2.1)$$

Зміна фактичних значень компонентів виробничої функції в часі показано на рис. 2.8. У певний момент часу T_1 в результаті випадкової дії відбувається відхилення ΔY (T_1) їх значень від планових. Системі управління технологічним процесом на етапах ЖЦ необхідно знайти його і зробити так, щоб фактичне X_f і планове значення параметра X_p на момент T_2 були рівними: $\Delta Y_i(T)=0$. У функціональній підсистемі зміна планових значень параметрів елементів пов’язана з формуванням якості (Ch_{FSi}) (рис. 2.9) та вартості (рис. 2.10) проекту S_P. У цьому

випадку для оцінки зміни значень параметрів компонентів виробничих функцій може використовуватися функція ранжирування F_K [10].

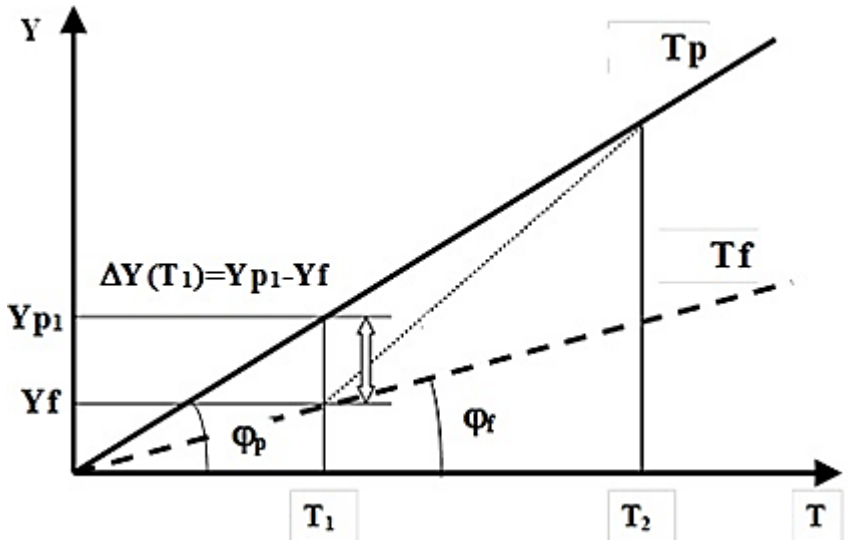


Рисунок 2.8 – Зміна планових значень компонентів виробничих функцій у часі: Y_P (T) - планове значення показника; Y_F (T) – фактичне значення показника

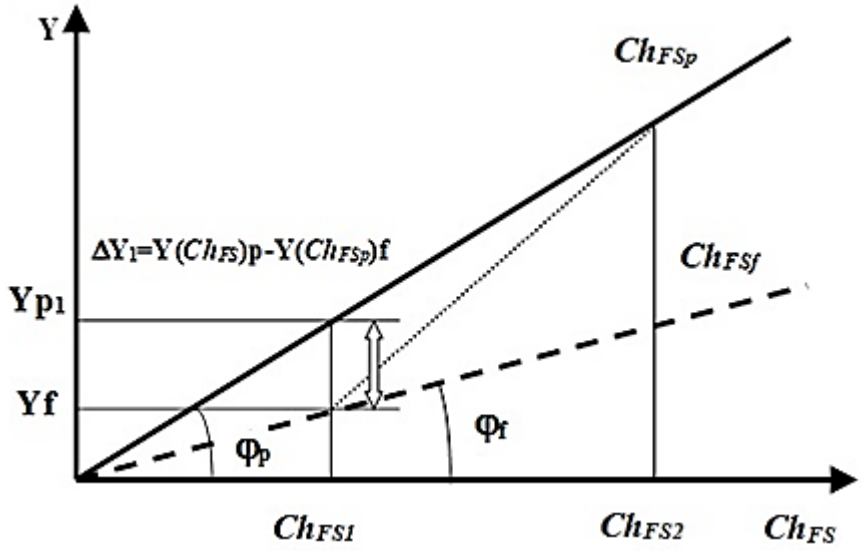


Рисунок 2.9 – Зміна планових значень компонентів виробничих функцій при забезпеченні необхідної якості продукту проекту

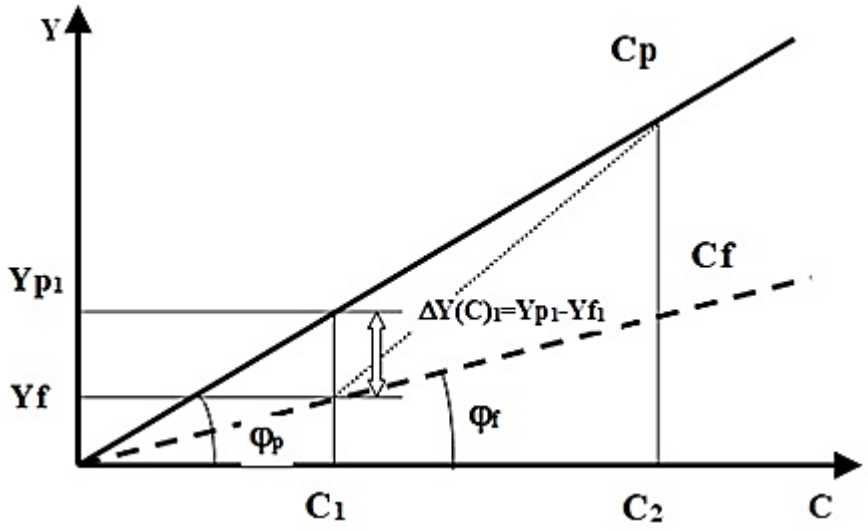


Рисунок 2.10 – Зміна планових значень компонентів виробничих функцій із забезпеченням необхідної вартості продукту проекту

Режим ефективної реалізації, показані на рис. 2.11 – 2.15 [15, 26].

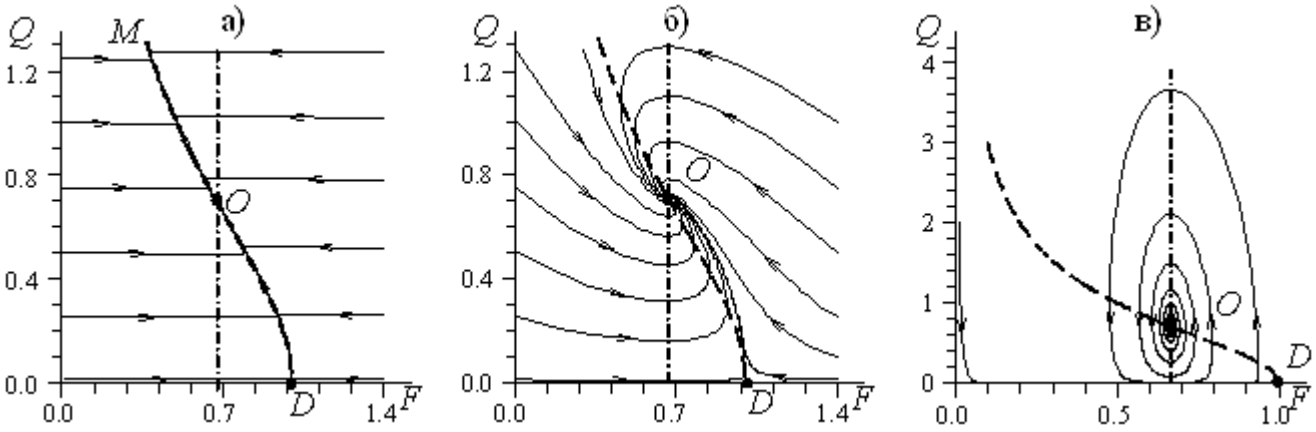


Рисунок 2.11 – Фазові залежності ефективної взаємодії на стадіях процесів проектування, виготовлення та експлуатації ($F_e = 1{,}5F_c$): а) $\tau_G << \tau_Q = 100\tau_F$; б) $\tau_G << \tau_Q = \tau_F$; в) $\tau_G << \tau_F = 100\tau_Q$

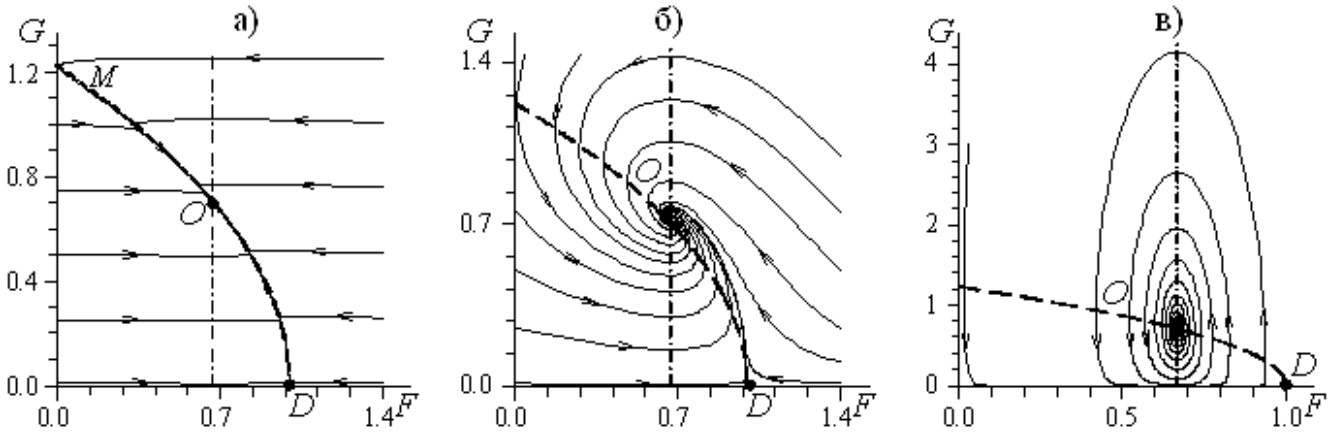


Рисунок 2.12 – Фазові залежності ефективної взаємодії на стадіях процесів проектування, виготовлення та експлуатації ($F_e = 1{,}5F_c$): а) $\tau_Q << \tau_G = 100\tau_F$; б) $\tau_Q << \tau_G = \tau_F$; в) $\tau_Q << \tau_F = 100\tau_G$

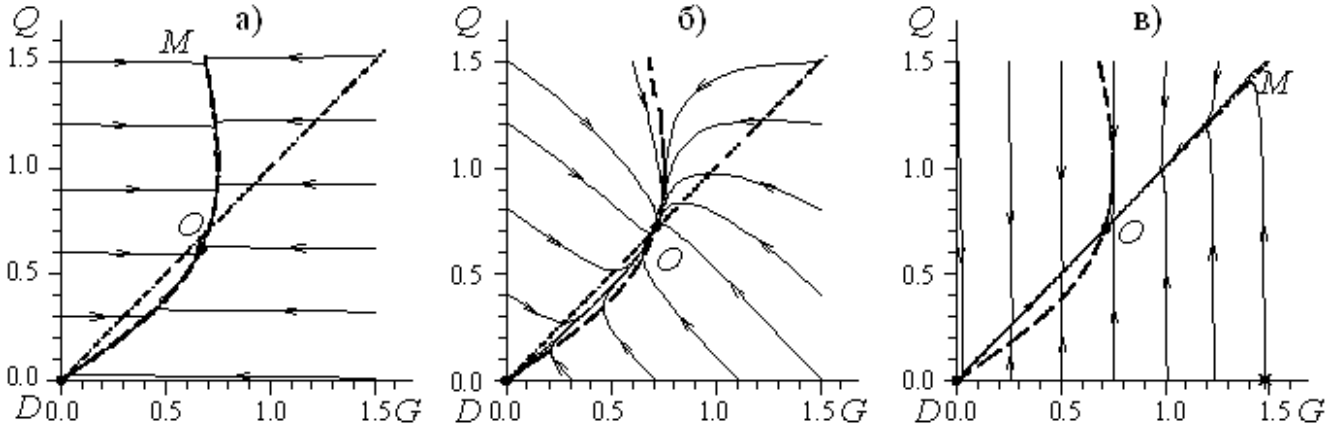
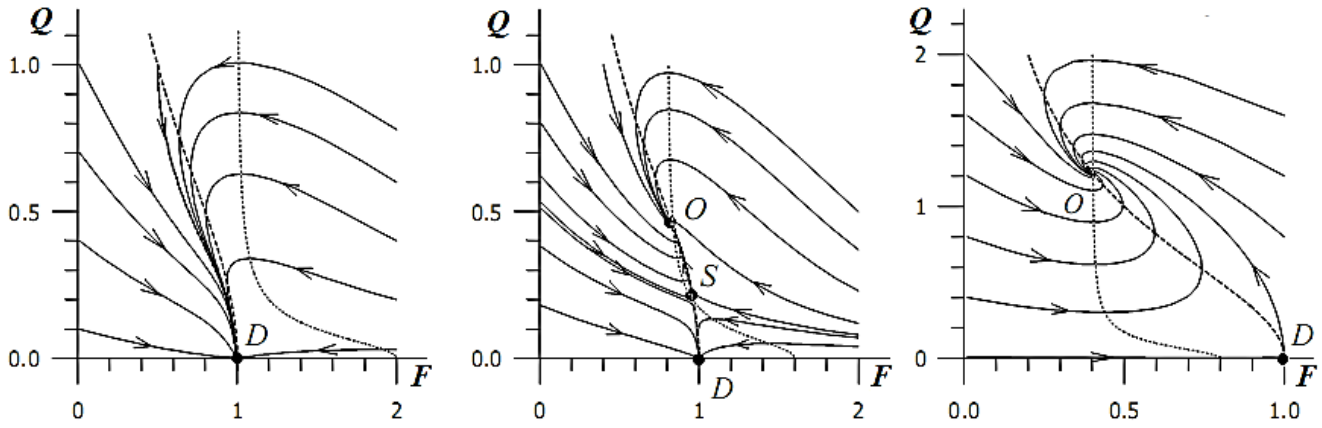
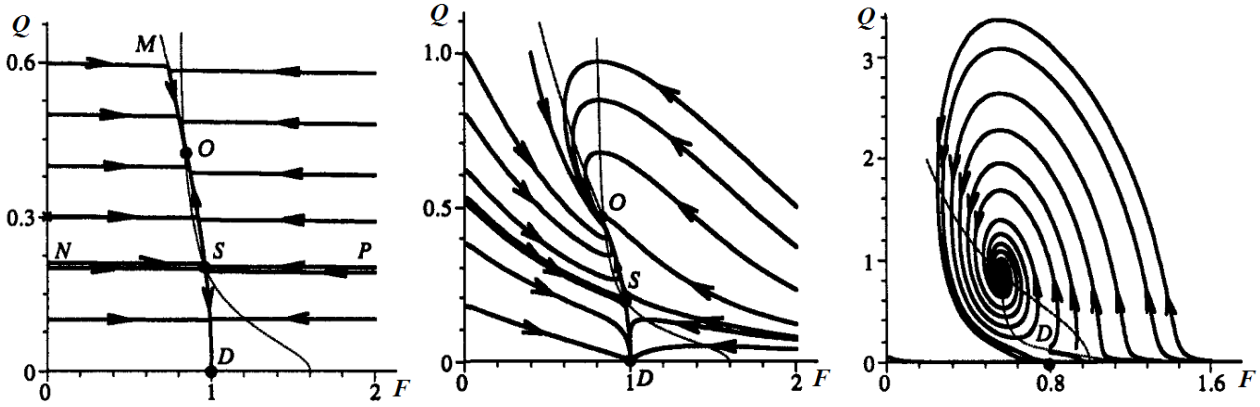


Рисунок 2.13 – Фазові залежності ефективної взаємодії на стадіях процесів проектування, виготовлення та експлуатації ($F_e = 1{,}5F_c$): а) $\tau_F << \tau_Q = 100\tau_G$; б) $\tau_F << \tau_Q = \tau_G$; в) $\tau_F << \tau_G = 100\tau_Q$



а) б) в)

Рисунок 2.14 – Фазові залежності ефективної взаємодії на стадіях процесів проектування, виготовлення та експлуатації: (k =1, $Q_\tau = 0{,}1Q_c$, $\tau_G << \tau_0 = \tau_F$): а) $F_e = F_{c0}$; б) $F_e = 1{,}25F_{c0}$; в) $F_e = 2{,}5F_{c0}$



а) б) в)

Рисунок 2.15 – Фазові залежності переривчастого переходу (k =1, $Q_\tau = 0{,}1Q_c$): а) $F_e = 1{,}25F_c, \tau_G << \tau_0 = 100\tau_Q$; б) $F_e = 1{,}25F_c, \tau_G << \tau_0 = \tau_F$; в) $F_e = 1{,}8F_c, \tau_G << \tau_F = 10\tau_0$

Організація повинна сприяти підвищенню якості своєї роботи і добиватися сталого успіху за допомогою послідовного задоволення потреб та очікувань зацікавлених сторін на довгостроковій основі. Короткостроковими і середньостроковими цілями слід підтримувати обрану довгострокову стратегію.

У процесі всього життєвого циклу виробництва продукції підприємствам необхідно постійно взаємодіяти із зовнішнім середовищем, що в певній мірі дозволяє скоротити витрати і терміни виробництва.

Організації не слід обмежуватися якістю своєї продукції та послуг, а також потребами і очікуваннями своїх споживачів. Для досягнення стійкого успіху організації слід приділяти значну увагу випередженню та відповідності потребам і очікуванням своїх зацікавлених сторін з метою підвищення їх задоволеності та загального сприйняття. Потреби та очікування одних зацікавлених сторін можуть відрізнятися, можуть бути узгоджені або суперечити потребам і очікуванням інших зацікавлених сторін, а також швидко змінюватися.

На сьогоднішній день здатність підприємства брати участь в інформаційному обміні з іншими підприємствами або організаціями є вже не тільки конкурентною перевагою, а й обов'язковою умовою для виживання в сучасному бізнес-середовищі, особливо у тому випадку, якщо мова йде про малі і середні підприємства. Способи вираження та відповідності потребам і очікуванням зацікавлених сторін можуть приймати різних форми, такі як співпраця, переговори, аутсорсинг або припинення діяльності; відповідно при розгляді потреб і очікувань зацікавлених сторін організаціям необхідно враховувати взаємозв'язки між ними.

Інтероперабельність є невід'ємною частиною діяльності підприємства по створенню нової продукції і її виведенню на мережевий ринок. Керівники і власники більшості підприємств вважають, що інтероперабільність сприяє проведенню науково-дослідних робіт та переходу на новий інноваційний рівень, що веде до економічного і професійного зростання [16, 29].

2.3 Моделі якості

Терміни та визначення

Моніторинг якості виробів: Сукупність операцій, що включає вибір об'єктів моніторингу, збір інформації, що характеризує властивості цих виробів в певний період їх життєвого циклу, оцінювання якості розглянутих виробів і підготовку звіту за результатами моніторингу.

Якість продукції: Ступінь відповідності сукупності властивостей виробу заданим вимогам.

Вимоги можуть бути задані в тактико-технічному завданні (Технічному завданні) на виріб або визначені в законодавчих, нормативно-правових, нормативно-технічних та інших документах, що мають обов'язковий характер по відношенню до створення, виробництва та експлуатації даного виробу.

Вимоги користувача до якості включають в себе вимоги до якості при використанні системи в конкретному контексті використання [10]. Ці заявлені вимоги можуть бути використані при визначенні показників зовнішнього і внутрішнього якості з використанням характеристик та підхарактеристик якості продукту (рисунок 2.16).

Рисунок 2.16 – Модель якості

Якість продукту може бути оцінена шляхом вимірювання або внутрішніх властивостей (зазвичай це статичні показники проміжних продуктів), або зовнішніх властивостей середовища або за допомогою вимірювання властивості якості при використанні (коли продукт використовується в реальних або модельованих умовах). Підвищення якості процесу (якості будь-якого з процесів життєвого циклу) сприяє підвищенню якості продукції, а підвищення якості продукції - підвищенню якості при використанні системи. У зв'язку з цим оцінка та поліпшення процесу є засобами підвищення якості продукції, а оцінка і підвищення якості продукції, в свою чергу, є одним із засобів підвищення якості

при використанні системи. Аналогічним чином оцінка якості при використанні системи може забезпечити зворотний зв'язок для поліпшення продукту, а оцінка продукту може забезпечити зворотний зв'язок для поліпшення процесу.

На рисунку 2.16 показано, що процес вимірювання складається з чотирьох дій. Дії виконуються у певному порядку в ітеративному циклі, забезпечуючи безперервний зворотний зв'язок і поліпшення процесу вимірювання. Модель процесу вимірювання на рисунку 1 представляє собою адаптований цикл "Плануй - Роби - Перевіряй - Дій", який зазвичай використовується для підвищення якості. В межах дій виконання завдань також є ітеративним.

Цілі та завдання виконання процесу можуть бути описані при використанні елементів назви, цілей і виходів (вихідних результатів) (рисунок). Ці елементи використовуються для опису намічених результатів без потреби виконання структурного розкладання процесу.

Якість є результатом роботи системи менеджменту підприємства. Методи якості, такі як "Шість сигм" [11], працюють більш ефективно, коли вони є невід'ємною частиною діючої системи менеджменту якості і процесів організації маркетингового дослідження з метою планування якості та управління процесами життєвого циклу. Орієнтиром, що використовується для ранжування якості або функціонування процесу, є кількість сигм.

Використання ключових техніко-економічних показників або ключових показників діяльності (KPIs) для управління виробничими (технологічними) операціями (MOM) обумовлено можливістю їх застосування на підприємстві для вдосконалення процесів, що беруть участь в створенні доданої вартості продукції, що виготовляється.

Вимірювання робочих характеристик дозволяє підприємству кількісно оцінювати з різних точок зору всі види його діяльності.

Серія міжнародних стандартів ISO 20140 визначає методи оцінки екологічної ефективності (EPE-методи) в частині енергетичної ефективності виробничих систем та інших факторів, наприклад енергоспоживання, утилізації та скидання відходів і т.д., що може чинити серйозний вплив на навколишнє

середовище. Розглянутий метод оцінки дозволяє підрахувати витрати енергії виробничої системи і ступінь її впливу на навколишнє середовище. Серія стандартів ISO 20140 встановлює систематичну оцінку екологічної ефективності шляхом аналізу виробничих можливостей виробничих систем.

2.4 Номенклатура показників

Показники якості виробів призначені для оцінювання відповідності виробів заданим вимогам на стадіях розробки, виробництва та експлуатації [12]. Показники якості виробів включають показники, що характеризують виконання техніко-економічних вимог до виробу в частині надійності та вартості ЖЦ, а також показники дефектності. Економічні показники якості характеризують досягнутий рівень вартості ЖЦ виробу по відношенню до цільового значення. Склад показників для оцінювання вартості ЖЦ виробу встановлений у [13].

Для оцінювання вартості ЖЦ використовують наступні показники [29]:

– вартість ЖЦ;

– вартість володіння;

– вартість придбання;

– вартість експлуатації;

– вартість експлуатації за календарний період часу;

– витрати на експлуатацію в одиницю календарного часу;

– залишкова вартість виробу на розрахунковий рік;

– вартість утилізації;

– залишкова вартість складових частин вироби і матеріалів після утилізації;

– вартість розробки.

2.5 Аналіз ризиків виникнення бар'єрів інтероперабельності

Оцінка ризиків є невід’ємною частиною системи управління якістю СВ та ОВТ. У роботі аналізуються наукові роботи, пов'язані з оцінкою якості продукції, процесів та послуг, їх недоліками, можливими межами застосування. Для отримання оцінок показників якості продукції в безрозмірній шкалі пропонується використовувати математичні залежності. Знаючи функцію густини випадкових величин показників якості продукції та знаючи математичну залежність їх оцінок у безрозмірному масштабі, пропонується отримати функцію густини оцінок. Знаючи функцію щільності оцінок показників якості, пропонується знаходити ймовірності ризиків оцінки показників якості в будь-якому заданому інтервалі в безрозмірній шкалі. Розроблено методику оцінки ризиків низькоякісної продукції

Одним із принципів розробки та впровадження міжнародного стандарту [ISO 9001:2015] є принцип оцінки ризиків, який вимагає від компаній і організацій розробки методів аналізу, прогнозування та управління ризиками. Вимоги цього стандарту вказують на те, що організація повинна: «визначати та оцінювати ризики та можливості, які можуть вплинути на систему управління якістю та результати роботи організації; створити план реагування на ризики та можливості; приймати рішення за результатами оцінки ризиків» [30].

На виробничому підприємстві джерела ризику пов'язані не тільки з основною виробничою діяльністю, а й з усіма етапами життєвого циклу продукції, пов'язаними з нею видами діяльності, діями працівників, зацікавлених осіб та ін. Для успішного управління ризиками необхідно вміти їх аналізувати та прогнозувати, що підвищить ефективність процесів управління. Метою процесу оцінки ризику є визначення величини та ймовірності несприятливих наслідків.

Сьогодні не існує універсальних методів оцінки ризиків для різних підприємств або процесів, тому підприємство має самостійно визначити метод аналізу, з точки зору його доцільності, залежно від: складності та характеру досліджуваної системи; методи контролю; властивості, які забезпечують простежуваність, повторюваність і контрольованість. Виходом із цієї ситуації є

розробка стандартної методології оцінки ризику для груп процесів, серед яких важливі процеси виробничого циклу [31].

Традиційно оцінка ризику виконується різними способами, заснованими, наприклад, на комбінації спостережень, тенденцій та іншої інформації. Ми можемо виділити найбільш поширені методи оцінки ризику [12, 32]:

– Основні допоміжні методи управління ризиками (блок-схеми, контрольні схеми тощо);

– Аналіз ефектів режиму відмови (FMEA);

– Аналіз режиму, наслідків та критичності відмови (FMECA);

– Аналіз дерева відмов (FTA);

– Аналіз небезпеки та критичні контрольні точки (HACCP);

– Аналіз працездатності небезпек (HAZOP);

– Попередній аналіз небезпеки (PHA);

– Ранжування та фільтрація ризиків;

– Відповідні статистичні методи.

В даний час існують методи розрахунку ризиків, які зручно розділити на дві групи [33]:

– якісні методи дозволяють отримати усереднену узагальнену інформацію про ризик шкоди для товарних груп або величину ризику для конкретного виду продукції;

– кількісні методи: статистичні, що дозволяють одержати усереднену за однорідною групою продуктів або сукупностей інформацію про ризик (безпеку) шкоди;

– розрахункові (індивідуальні), що дозволяють отримати величину ризику для конкретного виду продукції.

Концептуальні аспекти ризик-менеджменту висвітлені в досвіді багатьох науковців. Як зазначає у своїй публікації П. Творек, відповідно до нових пріоритетів, викликаних змінами в суспільстві, відбувається постійна зміна управлінських структур, а отже традиційні моделі державного управління стають неефективними [34].

У публікації N. Silva та M. Arrfelt досліджуються теоретичні та практичні питання управління ризиками на підприємствах, зокрема функції та основні етапи впровадження ризик-менеджменту [Silva 2021, Arrfelt 2018].

Розглянемо різні визначення ризику, надані вітчизняними та зарубіжними авторами:

1. Ризик – потенційна, чисельно вимірна можливість збитку. Поняття ризику характеризується невизначеністю, пов'язаною з можливістю виникнення несприятливих ситуацій та наслідків під час реалізації проекту [35].

2. Ризик – ймовірність втрат, недоотримання планового доходу, прибутку [36].

3. Ризик – це невизначеність наших фінансових результатів у майбутньому [37].

4. Г. Лінтон визначає ризик як ступінь невизначеності в отриманні майбутнього чистого доходу [38].

6. Ризик – ймовірність втрати цінностей (фінансових, матеріальних товарних ресурсів) у результаті діяльності, якщо ситуація та умови діяльності зміняться в сторону, відмінну від ризику, передбаченого планами та розрахунками [22, 39] .

7. Ризик – вплив невизначеності на мету [40].

Роль ризику на підприємстві дуже велика, експерти розуміють важливість управління ризиками, але на практиці виникає багато спірних питань через відсутність цілісної теорії управління ризиками та неоднозначність використання різних методів їх оцінки. .

Для оцінки ризику розроблено міжнародний стандарт [42]. У цьому документі наведено рекомендації щодо управління ризиками, з якими стикаються організації в процесі забезпечення життєвого циклу продукції та послуг. Процедуру застосування цих рекомендацій можна адаптувати до будь-якої організації. Цей стандарт містить загальний підхід до управління ризиками і не є вузькоспеціалізованим чи галузевим. Його можна застосовувати протягом усього життєвого циклу організації та до будь-якої діяльності, включаючи прийняття рішень на всіх рівнях.

Для розробки стандарту [43] запроваджено міжнародний нормативний документ [44], який надає рекомендації щодо вибору та застосування систематичних методів загальної оцінки ризиків. Нормативний документ [45] носить рекомендаційний характер, тому він може слугувати керівництвом для різних типів систем управління. Організації, які розробляють системи управління якістю відповідно до [46], повинні розробити свої задокументовані процедури оцінки та управління ризиками.

Існують також методи кваліметричної оцінки, які можна використовувати як математичний апарат для оцінки ризику. У роботах [47] для отримання оцінок різних показників якості в безрозмірній шкалі використовувалася залежність, яка мала подвійну експоненційну форму. Автори [48] використовували тип залежностей для підтримки оцінки показників якості в безрозмірній шкалі, використовуючи порядкову статистику.

Вчені у своїх роботах [49] для отримання оцінок показників якості в безрозмірній шкалі використовують метод SAW (Simple Additive weighting), сенс якого полягає у застосуванні вагових коефіцієнтів для окремих показників якості.

Також часто використовується метод TOPSIS – метод багатокритеріального оцінювання, який використовує еталонне значення якості [50]. Метод TOPSIS також використовується для отримання комплексної оцінки показників якості [34, 43].

Для оцінки процесів у соціальних дослідженнях часто використовуються методи: PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) [38]; MOORA (Multi-Objective Optimization Method by Ratio Analysis) [21]; WASPAS (Weighted Aggregated Sum Product Assessmentset) різних соціальних об’єктів [20].

Таким чином, в результаті аналізу наукових досліджень можна зробити висновок, що методи кваліметрії використовуються для оцінки якості об’єктів кваліметрії різної природи та в різних галузях і напрямках досліджень, тому пропонується використовувати їх для розробки методів. для оцінки ризику низькоякісної продукції.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити ряд наукових і прикладних проблем.

Оскільки вироби характеризуються не одним, а багатьма показниками якості і вони можуть мати різні масштаби та діапазони вимірювання, необхідно визначити функцію залежності вимірюваних показників якості з їх оцінками на безрозмірній шкалі. Тобто потрібно визначити функціонально залежну статистику.

Визначимо закон розподілу функціонально залежної статистики як випадкових величин. Тобто необхідно знати функцію густини функціонально залежних величин у безрозмірному масштабі.

Знаючи закон розподілу випадкових величин у безрозмірному масштабі, необхідно визначити ймовірності отримання випадкової величини в заданому інтервалі оцінювання.

Для розв’язання поставлених задач будемо використовувати математичний апарат кваліметрії як науки про кількісну оцінку якості. У кваліметрії при оцінці якості об'єктів важливе місце займає тип зв'язку між вимірюваними показниками якості та їх оцінкою в безрозмірній шкалі, оскільки показники якості не завжди рівномірно розподілені і не завжди мають лінійну математичну залежність. з їх оцінкою. Для управління якістю об'єкта часто використовуються статистичні методи оцінки та управління, де основною інформацією є не знання закону розподілу якості на його одиниці, а знання закону розподілу їх оцінок у безрозмірній шкалі. . Тому в рамках даної роботи будемо досліджувати закономірності розподілу показників якості в безрозмірній шкалі.

Технологічний процес є складною системою, стан якої підлягає оцінці, аналізу, прогнозу і при необхідності коригування для забезпечення якості продукції. Під об'єктом кваліметрії в даній роботі ми будемо розглядати результат технологічного процесу - отримання продукту заданої якості [24].

В результаті впливу випадкових факторів на показники якості кожного СВ та ОВТ отримуємо результати, які змінюються з кожним виробом. В управлінні якістю у таких умовах методи математичної статистики використовуються переважно для статистичного аналізу. Метою статистичного аналізу є вивчення

властивостей випадкової величини. Від обсягу статистичної інформації залежить ефективність застосування математичної статистики для оцінки якості. Статистична інформація міститься у знанні закону розподілу показників якості, як випадкової величини і наявності значної кількості вибіркових значень.

Нехай випадкове значення розсіювання будь-якого показника якості об'єкта кваліметрії *X* підпорядковується нормальному закону розподілу і пов'язане з випадковим значенням *Y* залежністю *Y=F(x)*:

$$F(x) = \begin{cases} 0 & x_i \le x_{i\,min} \\ \left[\frac{x_i - x_{i\,min}}{x_{i\,max} - x_{i\,min}}\right]^k & x_{i\,min} < x_i > x_{i\,max}, \\ 1 & x_i \ge x_{i\,max} \end{cases} \qquad (2.2)$$

де x_i – фактичне значення показника якості;

$x_{i\,min}$ – мінімально допустиме значення показника якості;

$x_{i\,max}$ – максимально допустиме значення показника якості;

k - показник (параметр форми);

Знайдемо густину ймовірності випадкової величини *Y*. Як відомо, рівняння для знаходження функції густини ймовірності *q(y)* випадкової величини *Y* має вигляд:

$$q(y) = f\big(\psi(y)\big)|\psi'(y)|$$

де $f(x)$ – густина ймовірності випадкової величини X;

$\psi(y)$ – є функцією, оберненою до $y = F(x)$ і яка в діапазоні можливих значень випадкової величини X має похідну.

Отже, ми знаходимо функцію, обернену до:

$$y = \left[\frac{x_i - x_{i\,min}}{x_{i\,max} - x_{i\,min}}\right]^k, \; x_{i\,min} < x_i > x_{i\,max}\,.$$

В результаті алгебраїчних перетворень маємо:

$$x = \psi(y) = y^{\frac{1}{k}}(x_{max} - x_{min}) + x_{min},.$$

Знайдемо похідну функції $x = x(y)$:

$$x'_y = \left(\psi(y)\right)' = \frac{1}{k} y^{\frac{1}{k}-1}(x_{max} - x_{min}),$$

$$x'_y = \frac{(x_{max} - x_{min})}{k}\left(\frac{1}{y^{1-\frac{1}{k}}}\right).$$

Якщо значення випадкового розсіювання показника якості будь-якого процесу X підпорядковується нормальному закону розподілу з функцією щільності

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_x\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma_x^2}}, \qquad (2.3)$$

тоді функція щільності ймовірності q (y) випадкової величини y матиме такий вигляд:

$$q(y) = \left|\frac{x_{max} - x_{min}}{k y^{1-\frac{1}{k}}}\right| \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_x} e^{-\frac{\left[y^{\frac{1}{k}}(x_{max} - x_{min}) + x_{min} - m_x\right]^2}{2\sigma_x^2}}, \qquad (2.4)$$

де m_x – математичне очікування значень показника якості;

σ_x – є стандартним відхиленням значень показника якості.

Методологія оцінки ризиків СВ та ОВТ складається з наступних етапів:

– визначати якість продукції (продукції);

– визначити допустимі межі їх якісних показників. Допустимі межі можуть бути визначені відповідними нормативними актами;

– визначити $x_{i\,min}$ – мінімально допустиме значення показника якості та $x_{i\,max}$ – максимально допустиме значення показника якості;

– для вимірювання справжньої якості продукту x_i за формулою (2.2) визначити значення показника якості Y в безрозмірній шкалі;

Знаючи функцію густини закону розподілу випадкової величини *X*, знаходимо функцію густини випадкової величини *Y* у безрозмірному масштабі. Якщо функція густини відповідає нормальному закону розподілу (2.3), то функція густини ймовірності *q(y)* випадкової величини у матиме вигляд (2.4).

Знаючи функцію густини випадкової величини безрозмірного показника якості, за формулою (2.5) визначаємо ймовірності входу випадкової величини в заданий інтервал у безрозмірному масштабі.

Тому, знаючи закон розподілу окремих показників якості продукції та знаючи залежність їх оцінок від безрозмірної шкали, можна розв’язувати практичні задачі щодо визначення ймовірності оцінок показників якості в заданому інтервалі оцінки, тобто визначити ризик небажаної якості.

Для перевірки методики пропонується використовувати моделювання процесу розсіювання показників якості продукції як випадкових величин, використовуючи метод Монте-Карло. Отримано 500 значень випадкових величин за законом нормального розподілу з функцією густини (2.3) і параметрами: m_x =2,5; σ_x =0,8.

Застосовуючи метод оцінки ризиків, отримано такі результати (рис. 2.17, рис. 2.18, рис. 2.19, рис. 2.20). На рис. 2.17 графік функції щільності ймовірності q (y) випадкової величини у, у випадку, коли параметри мають такі значення: m_x =2,5; σ_x =0,8, і змінюється параметр виду k.

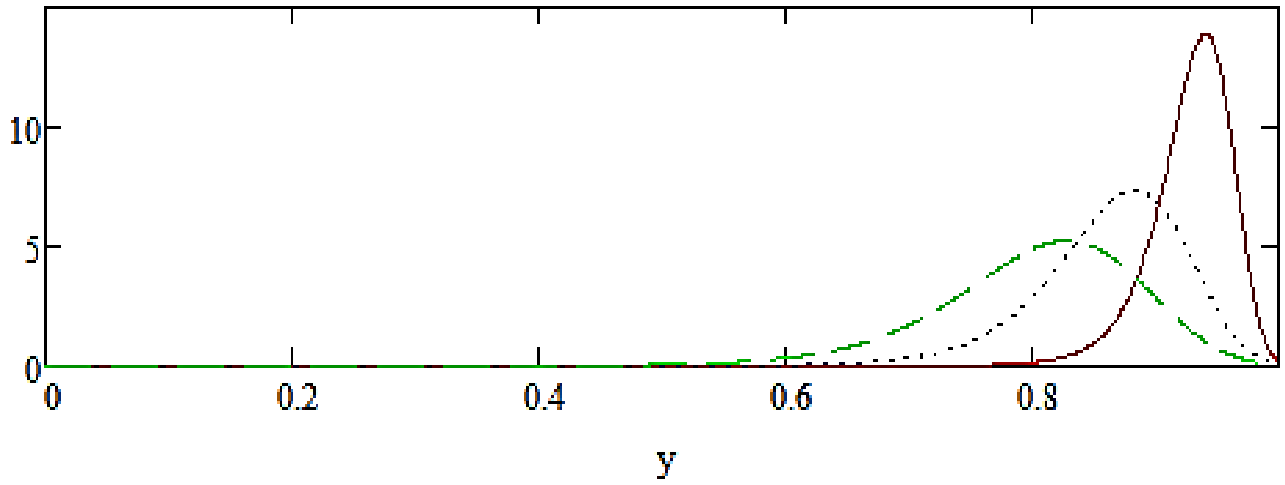


Рисунок 2.17 – Графік функції щільності ймовірності випадкової величини Y для параметрів форми: k = 0,1; 0,2; 0,3

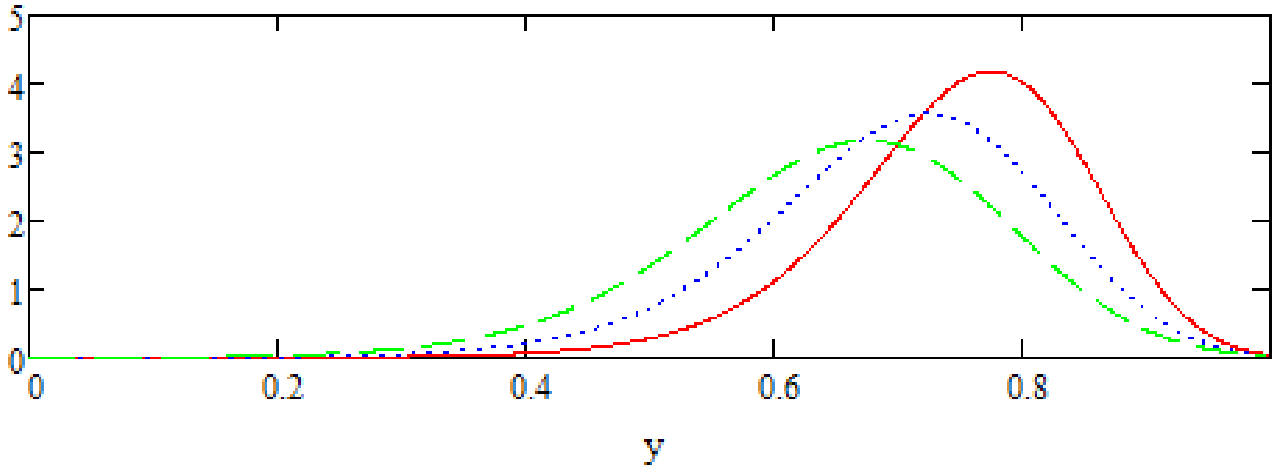


Рисунок 2.18 – Графік функції щільності ймовірності випадкової величини Y для параметрів форми k = 0,4; 0,5; 0,6

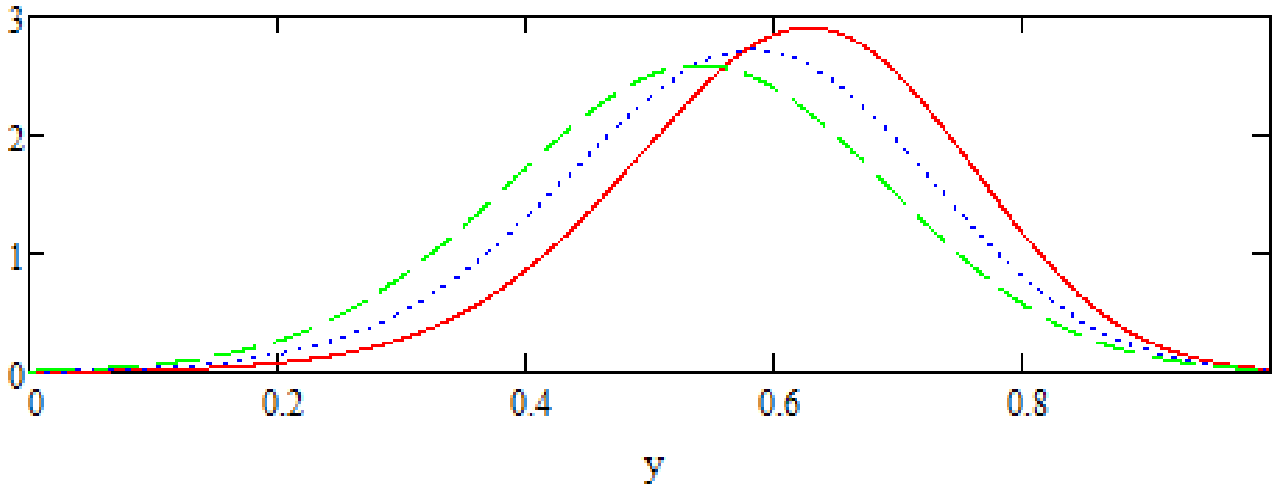


Рисунок 2.19 – Графік функції щільності ймовірності випадкової величини Y для параметрів форми: k = 0,7; 0,8; 0,9

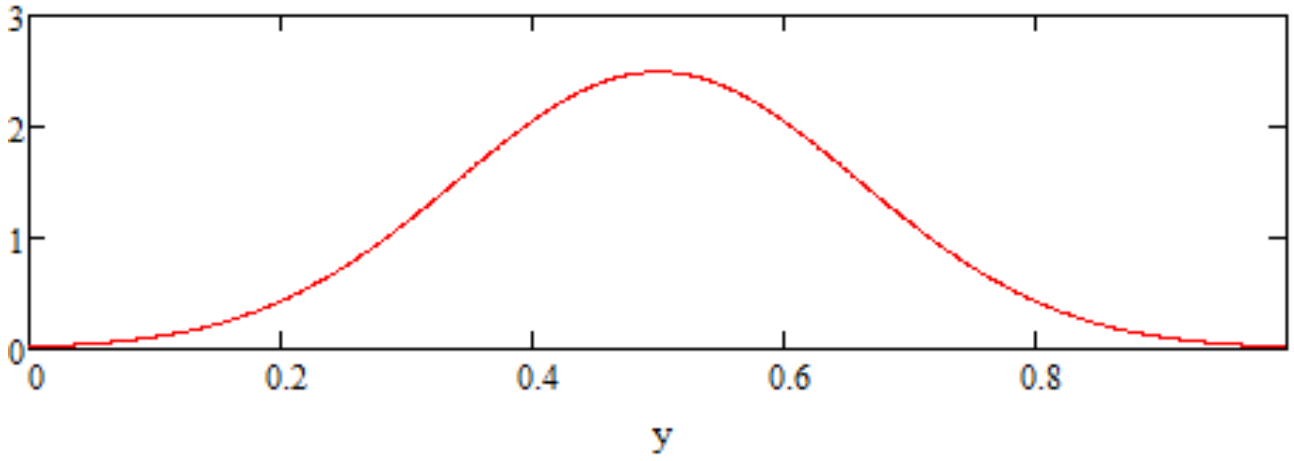


Рисунок 2.20 – Графік функції густини ймовірності випадкової величини Y при параметрі форми: k=1

Якщо відома функція щільності ймовірності для випадкової величини Y, то можна вирішити ряд практичних завдань, зокрема знайти ймовірність того, що значення випадкової величини Y потрапляє в певний діапазон. (c; d):

$$P(c < y < d) = \int_c^d q(y)dy = F(d) - F(c),$$

де $q(y)$ – функція розподілу випадкової величини Y.

Розглянемо практичне завдання - знайти ймовірність того, що значення випадкової величини Y потраплять в інтервал (c; d). Для цього необхідно обчислити інтеграл:

$$P(c < y < d) = \int_c^d q(y)dy. \quad (2.5)$$

В результаті розрахунків ми отримали результати, представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Імовірність потрапляння значення випадкової величини Y на інтервалі (c; d) за умови, що k змінюється від 0,1 до 1 з інтервалом 0,1

Interval c - d											
k	0-0,1	0,1–0,2	0,2–0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0,5-0,6	0,6-0,7	0,7-0,8	0,8-0,9	0,9-1	0-1
Probability $P(c < y < d)$											
0,1	$1{,}9\text{x}10^{-12}$	$1{,}9\text{x}10^{-9}$	$1{,}09\text{x}10^{-7}$	$2\text{x}10^{-6}$	$1{,}7\text{x}10^{-5}$	$1\text{x}10^{-4}$	$6\text{x}10^{-4}$	$5{,}5\text{x}10^{-3}$	0,165	0,827	1
0,2	$1{,}9\text{x}10^{-7}$	$5{,}9\text{x}10^{-6}$	$4\text{x}10^{-5}$	$1{,}7\text{x}10^{-4}$	$5{,}9\text{x}10^{-4}$	$2{,}5\text{x}10^{-3}$	0,015	0,122	0,573	0,285	1
0,3	$8{,}8\text{x}10^{-6}$	$8{,}4\text{x}10^{-5}$	$3{,}2\text{x}10^{-4}$	$1{,}03\text{x}10^{-3}$	$3{,}8\text{x}10^{-3}$	0,017	0,087	0,328	0,46	0,1	1
0,4	$6{,}2\text{x}10^{-5}$	$3{,}4\text{x}10^{-4}$	$1{,}1\text{x}10^{-3}$	$4\text{x}10^{-3}$	0,015	0,062	0,203	0,388	0,279	0,046	1
0,5	$2{,}09\text{x}10^{-4}$	$9{,}2\text{x}10^{-4}$	$3{,}2\text{x}10^{-3}$	0,012	0,042	0,132	0,284	0,334	0,164	0,025	1
0,6	$5{,}04\text{x}10^{-4}$	$2{,}1\text{x}10^{-3}$	$7{,}7\text{x}10^{-3}$	0,027	0,085	0,2	0,303	0,255	0,101	0,016	1
0,7	1,03x10-3	$4{,}3\text{x}10^{-3}$	0,016	0,053	0,136	0,244	0,28	0,186	0,066	0,011	1
0,8	$1{,}9\text{x}10^{-3}$	$8{,}3\text{x}10^{-3}$	0,03	0,087	0,182	0,26	0,24	0,136	0,045	$8{,}4\text{x}10^{-3}$	1
0,9	$3{,}2\text{x}10^{-3}$	0,015	0,05	0,124	0,215	0,254	0,198	0,1	0,032	$6{,}6\text{x}10^{-3}$	1
1	$5{,}3\text{x}10^{-3}$	0,024	0,075	0,16	0,234	0,234	0,16	0,075	0,024	$5{,}3\text{x}10^{-3}$	1

З таблиці видно, що, знаючи параметр виду k, ми маємо ймовірність отримати безрозмірне значення оцінки показника якості в будь-якому інтервалі безрозмірної шкали. Наприклад, за допомогою таблиці (2.1) знаходимо ймовірність того, що оцінка якості продукції буде менше 0,8 при k = 0,3. Тому P (0 <y <0,8) = 0,44. Таким чином, можна знайти ймовірність отримання значення безрозмірної оцінки показника якості в будь-якому інтервалі безрозмірної шкали.

Результатом цієї роботи є метод визначення ймовірності якості СВ та ОВТ. Щоб розробити методологію:

1. Обґрунтовано функцію залежності вимірюваних показників якості з їх оцінками в безрозмірній шкалі, що дозволило отримати функціонально залежну статистику.

2. Визначено функції густини (рис. 2.17 – 2.20) функціонально залежних випадкових величин показників якості за умови, що показники якості підпорядковуються нормальному закону розподілу.

3. Проведено тестування методу та визначено ймовірності випадкових величин у заданому інтервалі оцінювання (табл. 2.1).

2.5 Методи вимірювання рівня досягнутої /досяжної енергоефективності в організації

Рівень досягнутої / досяжної енергоефективності є одним із показників ефективності функціонування системи енергетичного менеджменту підприємства / організації. Це вимірювані результати, пов’язані з енергетичною ефективністю, використанням та споживанням енергії. Він може бути виражено в одиницях енергоспоживання (наприклад, ГДж, кВт·год), питомого енергоспоживання (наприклад, кВт·год/одиницю продукції), пікової потужності (наприклад, кВт), відсоткової зміни в ефективності або безрозмірнісними величинами тощо [10]. Показник (індикатор) енергетичної ефективності – є кількісним значенням чи мірою рівня досягнутої/досяжної енергоефективності, що їх визначає організація. Він може бути представлений простою метричною одиницею, співвідношення або ж у вигляді більш складної моделі [12, 25]. Показники енергоефективності, порівнювані в різний час, дають організації змогу визначати, чи змінився рівень досягнутої / досяжної енергоефективності та чи відповідає це поставленим завданням [11, 34].

Види показників енергетичної ефективності можливо класифікувати наступним чином:

а) виміряне значення енергії – вимірювання споживання всієї ділянки або одного чи більше використань енергії за допомогою лічильника (якщо ціллю є

абсолютна економія енергії, в таких випадках базовий рівень енергоспоживання повинен бути скоригованим, щоб обчислити економію енергії за еквівалентних умов);

б) співвідношення виміряних значень – рівняння енергоефективності (якщо підприємства використовують у роботі багато об’єктів подобної призначеності, то можливе використання співвідношення, щоб порівняти рівень досягнутої/досяжної енергоефективності об’єкта з кількома іншими та/чи орієнтовними показниками стосовно конкурентів чи галузевих стандартів); в) статистична модель – зв'язок між енергоспоживанням та визначальними змінними, за допомогою регресії: 1) лінійна (для оцінювання рівня досягнутої/досяжної енергоефективності виробничого об’єкта з декількома видами продукції, з базовим навантаженням, вона дає змогу порівняти рівень досягнутої / досяжної енергоефективності за еквівалентних умов, навіть якщо є зміни або визначальні змінні, а також описує зв’язок між значенням енергії та визначальними змінними в періоді дії базового рівня енергоспоживання); 2) нелінійна (наприклад, нелінійні взаємозв’язки є у вентиляторах і насосах);

г) проектна базова модель – взаємозв'язок між енергоспоживанням та визначальними змінними, використовуючи технічне моделювання (цю модель може бути використано, якщо є складні взаємозв’язки між енергоспоживанням та визначальними змінними, які не можуть бути точно отримані з регресії).

Для перевірки та дій із поліпшення рівня досягнутої/досяжної енергоефективності використовуються показники енергетичної ефективності, що базуються на моделі (статистичній або проектній). Щоб описати процес моделювання даних енергоспоживання відносно визначальних змінних з метою порівняння рівня досягнутої/досяжної енергоефективності за однакових умов, застосовують унормування. Щоб унормувати або змоделювати енергоспоживання відповідно до визначальних змінних, зазвичай використовують статистичні методи, такі як лінійна регресія. Значення показників енергоефективності обчислюють як математичне співвідношення між енергоспоживанням і визначальними змінними. Використовуючи лінійну регресію, залежність можна представити в наступному вигляді:

$$Енергоспоживання = A + B \cdot Продукт\ A + C \cdot T, \quad (2.6)$$

де A – фіксоване енергоспоживання, кВт·год;

B – енергоспоживання на одиницю продукту A (кВт/одиницю);

Продукт A – обсяг випуску продукту A (одиниць на місяць);

C – енергоспоживання на градус місячної температури за тиждень (кВт·год/°С).

В той же, час відношення (2.6) має пройти статистичні тести за критеріями оцінки якості лінійної моделі, наприклад, визначення коефіцієнта детермінації R2, коефіцієнта варіацій CV та F-тест [13, 36].

Таким чином, якщо відношення (2.6) не відповідає критеріям якості лінійної моделі – рівняння регресії вважається статистично незначущим. В національному стандарті ДСТУ ISO 50006, який гармонізовано з міжнародним, не визначено подальших дій стосовно оцінювання рівень досягнутої/досяжної енергоефективності системи енергетичного менеджменту підприємства / організації, якщо рівняння регресії вважається статистично незначущим.

Висновки до розділу

У дослідженні пропонуються нові методи оцінки життєвого циклу для різних типів СТС. Метод моделювання ЖЦ СВ та ОВТ базується на аналізі впливу характеристик виробів, процессів та складних органзаційних систем. Застосовуються принципи методологічних підходів LCA та CAD / CAE для забезпечення перетворення даних в інтегрованних інформаційних системах.

За допомогою функціонального моделювання корелюються параметри процесів та СТС на стадіях ЖЦ, а також характеристики СВ та ОВТ і технологій зі зміною умов впливу навколишнього середовища, що дозволяє відстежувати та оптимізувати інформаційні, енергетичні та матеріальні потоки та забезпечувати відповідність вимогам щодо екологічних характеристик.

У цьому розділі запропоновано підхід, оснований на мета-моделях для пошуку та інтеграції даних, пов'язаних з життєвим циклом, орієнтованого на ЖЦ, який не тільки підвищує ефективність, але також забезпечує узгодженість та відстежування даних для дослідження якості СВ та ОВТ.

У даному дослідженні отримувані значення фактичних даних в їх структурованих моделях як правило контекстно пов’язані з даними для конкретного обладнання та технології, які потім обробляють і об'єднують в інформаційні моделі, що містять також контекстні дані про управління технологічними процесами, про виробничих системах та плануванні виробництва. Моделі даних формуються та конфігуруються у відповідності зі стандартами управління ресурсами та обміну даними. Для спільного використання інформації необхідне забезпечення інтероперабельності даних та створення реєстру даних (взаємозалежної системи регістрів).

В результаті досліджень встановлені вимоги до інтеграції, яким повинні задовольняти виробничі активи і ресурси на стадії управління і технічного обслуговування СВ та ОВТ протягом ЖЦ з урахуванням аспектів забезпечення якості, вартості та термінів випуску продукції.

3 РОЗРОБКА ПРОФІЛЮ СТАНДАРТІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ СВ ТА ОВТ

3.1 Загальні положення

При спільному впровадженні розроблених ISO стандартів на системи менеджменту (таких як ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, ISO 45001:2018 [6, 7, 8] та інші) процес створення інтегрованої системи менеджменту значно полегшується те, що всі ці стандарти розроблені з використанням єдиних підходів, у загальній, якщо можна так сказати, економічної ситуації та з використанням єдиної політики технічного регулювання. Все це дозволяє об'єднати вимоги різних систем управління в єдину, інтегровану систему управління [3, 15, 21]. Однак наявні наукові розробки та методичні матеріали не стосуються одночасного впровадження вимог стандартів, розроблених у різних країнах, а отже, в різних економічних і соціальних умовах, які мають специфічні національні відмінності. Ще складнішою є ситуація, коли в організації вже впроваджена та успішно функціонує єдина система стандартів і момент, коли споживач вимагає від свого постачальника впровадження системи управління якістю відповідно до галузевого стандарту (наприклад, ISO /TC 22163:2017 [9]). Таким чином, існує суперечність між необхідністю розробки інтегрованих моделей, що дозволяють аналізувати динамічні еволюційні процеси, що відбуваються на інтервалі управління життєвим циклом продукції (PLM) [1, 16, 18] складних продуктів, та недостатністю існуючого нормативно-методичного забезпечення синтезу таких моделей з метою управління цими процесами. Рішення цієї проблеми пропонується шукати у створенні та використанні логічних загальносистемних еволюційних моделей, які повинні враховувати динамічні, параметричні, економічні, енергетичні та операційні процеси, що відбуваються в кожній конкретній складній технічній системі [5, 10, 12]. У роботі запропоновано методологію інформаційного забезпечення складних взаємопов'язаних процесів системи життєвого циклу (ЖЦ), яка дозволяє керувати організаційною структурою багатофункціональних і

багатоелементних технічних і програмних компонентів, а також оперативним персоналом для забезпечення узгодженості функціонування системи. результати послідовності робіт на етапах проектування, виготовлення та щоденної експлуатації. Дотепер методи забезпечення якості, які застосовувалися на більшості машинобудівних підприємств, базувалися, як правило, на жорсткому багатоступінчатому контролі якості продукції (функціональний підхід) та послуг і вкрай незначною мірою стосувалися підвищення якості систем управління виробництвом на основі процесний підхід (рис. 1.), який є найважливішою ознакою досконалого управління якістю і використовується як основа в міжнародних стандартах ISO серії 9000 [10, 21], [11, 43], [12, 44].

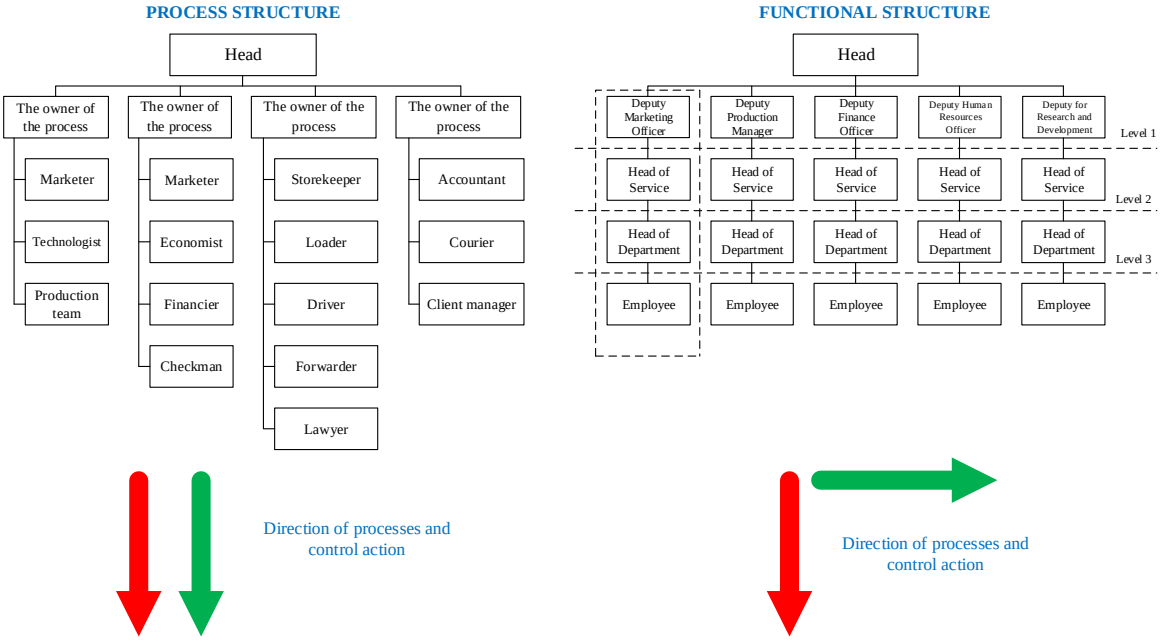


Рисунок 3.1 – Структури процесів

Для практичного впровадження, відповідно до вимог ISO 9001:2015, організація повинна:

а) визначити необхідні вхідні дані та очікуваний вихід цих процесів;

б) визначити послідовність і взаємодію цих процесів;

с) визначити та застосовувати критерії та методи (включаючи моніторинг, вимірювання та відповідні показники ефективності), необхідні для забезпечення ефективного впровадження та управління цими процесами;

г) визначити ресурси, необхідні для таких процесів, та забезпечити їх наявність;

д) визначити відповідальність та повноваження щодо процесів [13], [14].

Метою даного дослідження є аналіз існуючих підходів до процесу та функціонального управління, а також формування технологічної моделі сучасних машинобудівних організацій (на прикладі підприємства з виробництва сучасного компресорного обладнання) на основі вимог стандарту ISO 9001: 2015.

Процеси організації поділяються на основні, забезпечення, процеси управління та процеси розвитку, визначення яких представлені в таблиці 1.

Таблиця 3.1 – Таблиця класифікації процесів

Типи процесів	Визначення	Процеси організації
Основні процеси	Процеси, які створюють продукт, що представляє цінність для зовнішнього споживача. Процеси, які створюють додану цінність продукту або послуги.	Продажі Проектування і розробка Сервісне обслуговування Постачання Виробництво
Забезпечуючі процеси	Процеси, споживачами яких є основні процеси. Процеси, які створюють і підтримують інфраструктуру організації.	Фінансово-економічний менеджмент Управління людськими ресурсами Управління технічним забезпеченням юридичне забезпечення Управління безпекою бізнесу Управління документованої інформацією управління знаннями управління комунікаціями управління логістикою IT забезпечення
Процеси управління	Процеси, основною метою яких є управління діяльністю організації. Процеси, які забезпечують виживання і розвиток організації, регулюють її поточну діяльність.	Стратегічне управління Управління якістю бізнес-процесів Управління ризиками
Процеси (проекти і програми) розвитку	Нерегулярні і інноваційні види діяльності по вдосконаленню і розвитку організації. Види діяльності, орієнтовані на цілі довгострокової перспективи.	Управління проектами

Основними факторами складності цих процесів є:

– динамічний характер функціонування процесів;

– процеси, що відбуваються як всередині організації, так і при її взаємодії із зовнішнім середовищем, є нелінійними, синергічними (дисипативними);

– природні еволюційні процеси, що відбуваються в організації, є деградативними, мають латентну стадію розвитку і спрямовані на руйнування системи;

– час перебігу процесів деградації значно перевищує час перебігу конкретних процесів.

Кожна сукупність об'єктів, процесів та явищ характеризується структурою і взаємозв'язком її компонентів і може бути представлена у вигляді графіка (Рис. 3.2), в якому вузли відповідають компонентам, а дуги - їх зв'язкам.

Основні позначення в моделюванні бізнес-процесів (нотація — це стабільний набір правил, який описує бізнес-процес як частину методології):

– структурні моделі (керуючі) - нотація IDEF0, нотація VAD (ARIS, MS Visio);

– моделі робочого процесу – позначення «процесу» та «процедури», позначення eEPC (ARIS, MS Visio);

– моделі виконуваних процесів - нотації BPMN 2.0, нотації S-BM, CFFC;

– моделі потоків даних – нотація DFD.

Розглянемо позначення IDEF0. Форма подачі IDEF0 дає можливість побачити та зрозуміти взаємозв'язок процесів, не вдаючись у подробиці. Процеси можуть бути представлені у вигляді ієрархічної деревоподібної структури з характеристиками зв'язків (гілок), що відображають корисність, ймовірність отримання результату та зв'язок із попередніми та наступними процесами.

За допомогою графічної мови IDEF0 досліджувана система постає як набору взаємозалежних функціональних блоків. Моделювання бізнес-процесів за допомогою інструментів IDEF0 є першим етапом вивчення системи. Сьогодні така методика опису бізнес-процесів стала найбільш поширеною у світі та прийнята як

стандарт у багатьох країнах [16]. Декомпозиція процесів у формі IDEF0 показано рисунку 3.2.

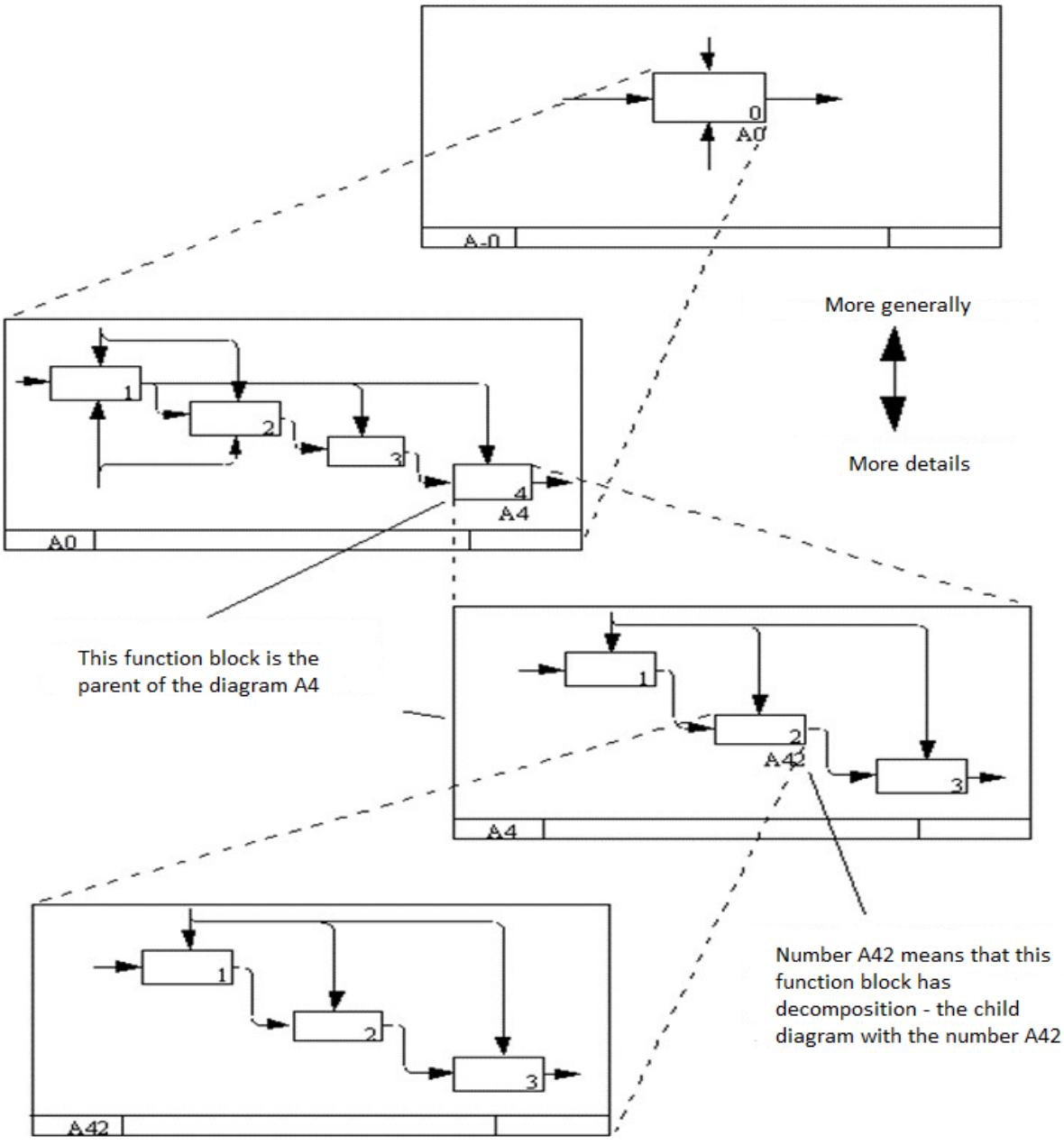
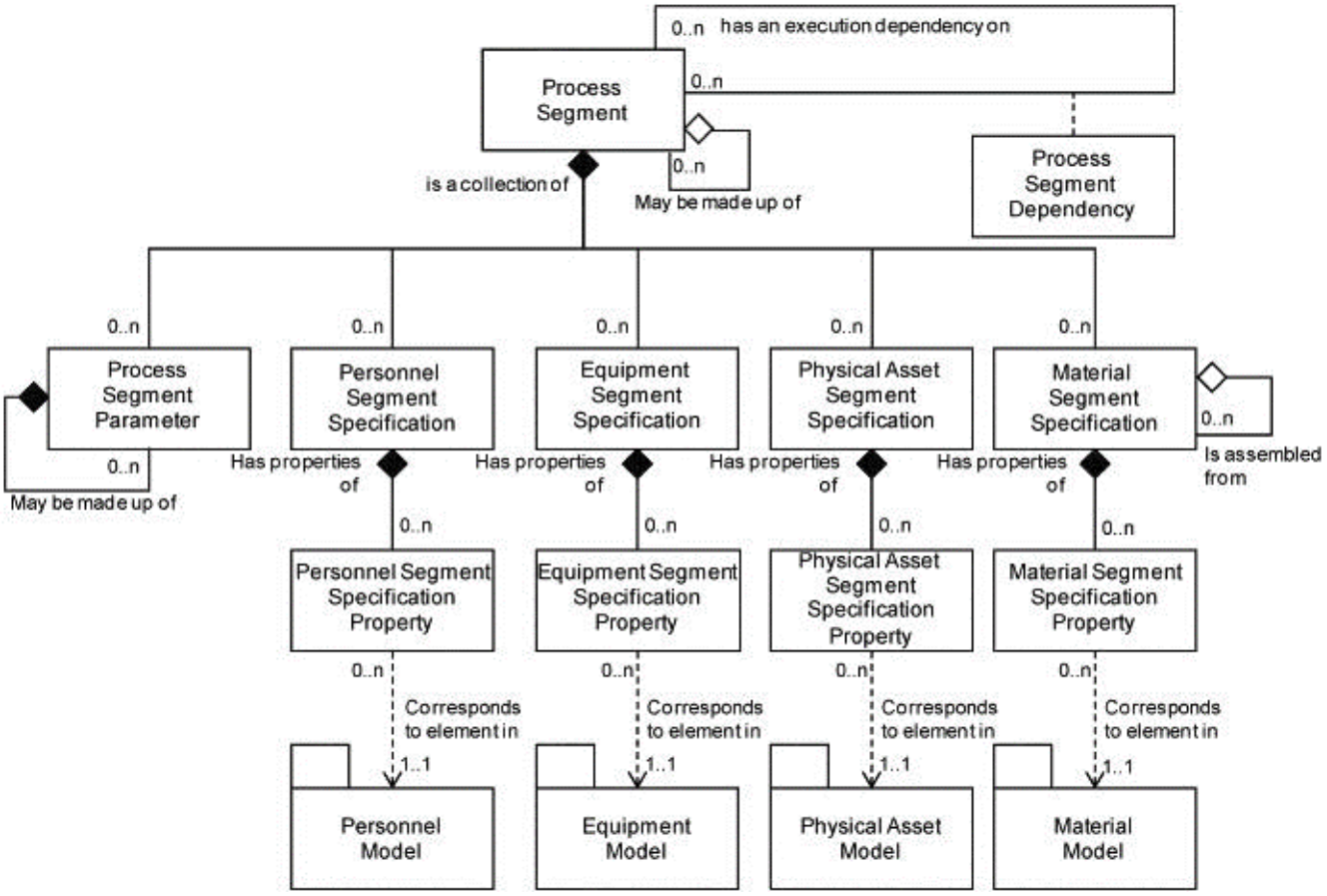


Рисунок 3.2 – Принцип декомпозиції процесів



has an execution dependency on - Має виробничу залежність від ...; Process Segment - Сегмент процесу; is a collection of - Є набором ...; May be made up of - Може бути складений з ...; Process Segment Dependency - Залежність сегмента процесу; Process Segment Parameter - Параметр сегмента процесу; Personnel Segment Specification - Специфікація сегмента персоналу; Equipment Segment Specification - Специфікація сегмента обладнання; Physical Asset Segment Specification - Специфікація сегмента фізичного активу; Material Segment Specification - Специфікація сегмента матеріалу; May be made up of - Може бути складений з ...; Has properties of - Має властивості ...; Is assembled from - Зібраний з ...; Personnel Segment Specification Property - Властивість специфікації сегмента персоналу; Equipment Segment Specification Property - Властивість специфікації сегмента обладнання; Physical Asset Segment Specification Property - Властивість специфікації сегмента фізичного активу; Material Segment Specification Property - Властивість специфікації сегмента матеріалу; Corresponds to element in - Відповідає елементу з ...; Personnel Model - Модель персоналу; Equipment Model - Модель обладнання; Physical Asset Model - Модель фізичного активу; Material Model - Модель матеріалу

Рисунок 3.3 – Модель сегмента процесса

Декомпозиція варіантів здійснюється за набором характеристик. Критеріями вибору варіантів є економічні показники (мінімальна вартість, витрати) або технічні рішення, що формують функцію вигоди (корисність). Опис бізнес-процесів включає [34, 42]:

1) визначення власника бізнес-процесу, меж бізнес-процесу, клієнтів і виходів бізнес-процесу, постачальників і входів бізнес-процесу, ресурсів;

2) опис технології бізнес-процесу;

3) розробка показників бізнес-процесу, результатів бізнес-процесу, задоволеності клієнтів бізнес-процесом;

4) опис роботи власника бізнес-процесу щодо аналізу, вдосконалення бізнес-процесу, звітування вищому керівнику.

При описі та оптимізації процесів організації можна вирішити дві можливі завдання [45]:

– підвищення прозорості та ефективності діяльності організації;

– автоматизація бізнес-процесів.

Як критерії оцінки результатів опису процесів можна прийняти:

– наявність перевірених описів бізнес-процесів;

– вирішення проблем, виявлених під час реалізації бізнес-процесів;

– ступінь злагодженості підрозділів;

– ступінь мінімізації можливих варіацій в результаті реалізації відповідного бізнес-процесу, тобто бізнес-процес виконується стабільно без збоїв.

Ключові показники ефективності і показники результативності, будучи похідними, при використанні такої схеми характеризують процес в цілому (рис. 3.4).

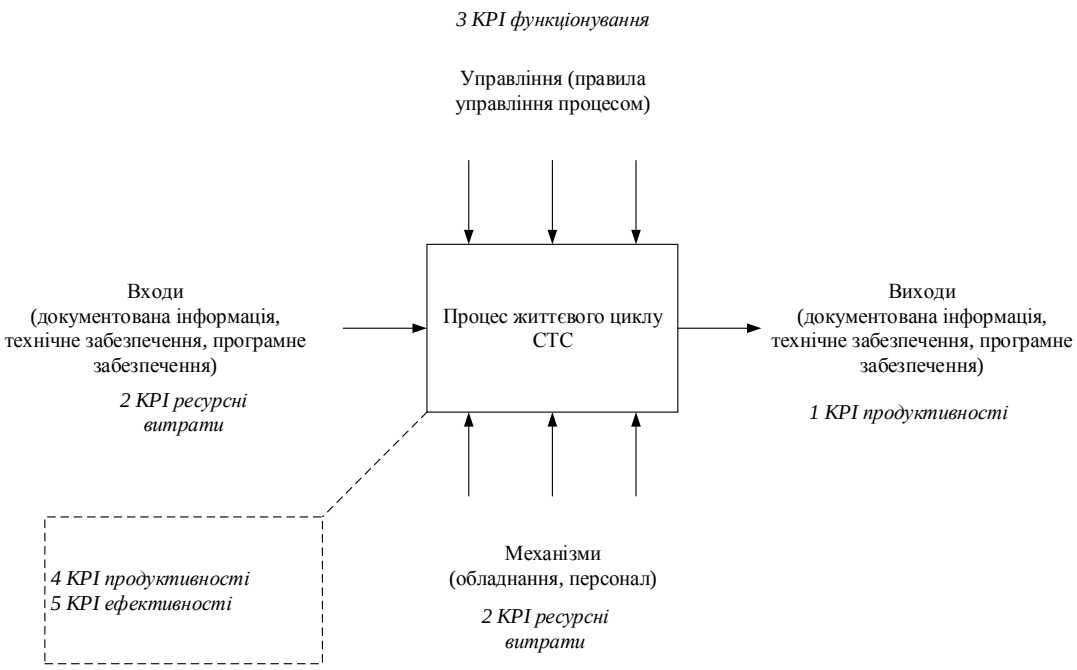


Рисунок 3.4 – Показники KPI

Алгоритм розробки показників процесу наступний [4, 23, 43]:

1. Ідентифікувати процес і його результат.

2. Ідентифікувати входи-ресурси (ресурси, що переробляються за один цикл процесу) і входи-механізми (ресурси, що забезпечують багаторазове виконання процесу - обладнання, персонал).

3. Ідентифікувати входи-управління (правила і вимоги до виконання процесу)

4. Знаючи результат, який повинен бути отриманий, необхідно оцінити його кількісно - сформувати показники результату. Вони можуть бути як простими, так і розраховуються (за формулою або іншим способом).

5. На основі входів процесу можна сформувати показники витрат.

6. На основі механізмів процесу можна сформувати додаткові показники витрат.

7. Правильність виконання процесу, крім показників витрат на здійснення діяльності, відображають також показники функціонування.

8. Показники продуктивності розраховуються як співвідношення отриманого результату на часі.

9. Розрахунок ключових показників ефективності здійснюється на основі виділених попередньо KPI результативності та KPI витрат. Показники

ефективності, таким чином, виступають інтегральними характеристиками діяльності.

Розглянемо вибір найкращого варіанту опису процесів в умовах невизначеності за допомогою векторної оптимізації. Серед різноманітних способів оптимізації складних систем, до яких належать системи бізнес-процесів на підприємствах, першочерговим є формування багатьох можливих рішень.

Організація, що виробляє компресорне обладнання, може використовувати технологічну модель (рис. 3.5).

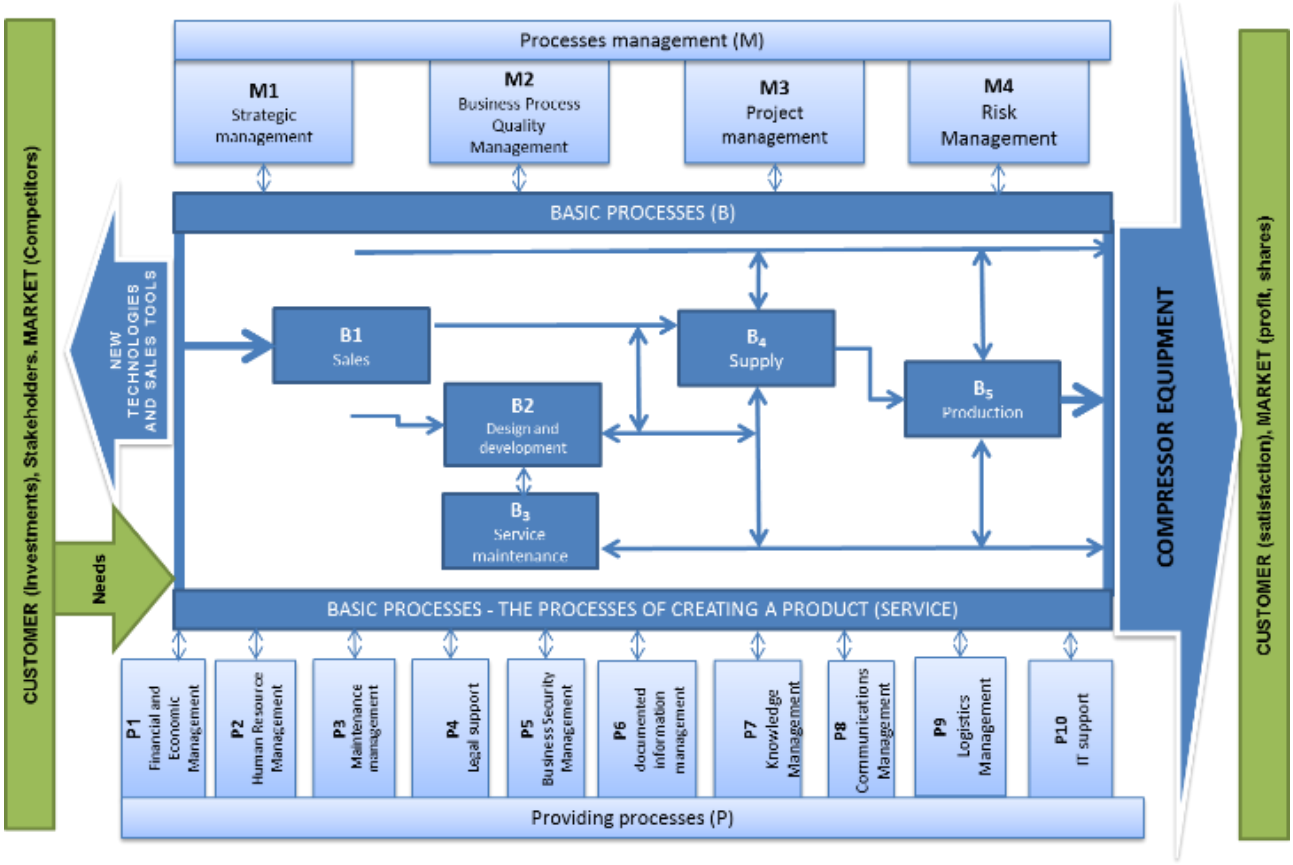


Рисунок 3.5 – Технологічна модель організації, що виробляє компресорне обладнання

У проєкті досліджуються два типи моделей бізнес-процесів: процесні та функціональні структури (див. Рисунок 3.1).

Відмінності та переваги функціонального та процесного підходів [42]:

1) процесний підхід показує

– орієнтація клієнта (на результат), тобто. CRM-підхід;

– підпорядкування власнику процесу;

– пріоритетність – виконання функцій, важливих для інших учасників процесу, активну взаємодію з учасниками процесу;

– більш висока гнучкість управління;

– орієнтація на витрати (вартість процесу), його тривалість, якість;

– прозорість операцій. "Збої" легко відстежити;

2) при функціональному підході -

– орієнтація на менеджера;

– підпорядкування керівнику підрозділу;

– пріоритет – виконання функцій, у яких зацікавлений сам підрозділ;

– схильність до «бюрократії», як наслідок – втрата управлінської гнучкості, низька швидкість ухвалення рішень, втрата інформації;

– суперечність між завданнями функціональних підрозділів.

Непрозорість активності. Перехід відповідальності. На наш погляд, протиставити процесний та функціональний підходи до управління організацією не тільки неможливо, а й, навпаки, систему менеджменту якості слід розглядати як систему взаємодії процесно-орієнтованого та функціонально-орієнтованого управління [3, 21], [12, 22], [14, 26].

У процесі реалізації процесів під впливом внутрішніх та зовнішніх факторів відбувається поступова та безперервна (еволюційна) зміна структури процесів.

У цьому випадку систему процесів пропонується досліджувати за декількома напрямками:

– уявлення складних систем процесів як взаємопов'язаного безлічі підсистем різного ієрархічного рівня, побудова ієрархії завдань оптимізації з відповідним обміном інформацією за часом і рівнями, тобто так званий ієрархічний підхід;

– розробка спеціальних підходів та методів обліку невизначеності інформації, аналізу та прийняття рішень [8, 27], [11, 28].

– розвиток ігрових підходів, у тому числі ігор з неконфліктними інтересами та прийняття колективних рішень;

– розробка методів багатокритеріальної оптимізації, методів експертної оцінки та ін [2, 23], [5, 24], [21, 25].

Показано, що застосування процесного підходу до управління організацією дозволяє значно покращити її діяльність. Практична реалізація процесного підходу у системі менеджменту якості дозволяє:

– скласти перелік основних бізнес-процесів і на підставі отриманих даних зробити висновки про раціональне використання ресурсів, чисельності та завантаженості персоналу тощо;

– виявляти відсутні та дублюючі бізнес-процеси та вносити відповідні коригування;

– визначати перелік функцій кожного підрозділу організації;

– встановити взаємозв'язок між підрозділами та функціями, що виконуються в них.

В результаті впровадження процесного підходу та опису процесів буде зафіксовано порядок та відповідальність за виконання робіт, усунуто збої у реалізації процесів, підвищиться якість виконання процесів. .

Переорієнтація організацій на процесне управління дозволить виробникам компресорного обладнання вижити та розвиватися в умовах сучасного світу.

3.2 Подання даних про виріб та обмін цими даними

Терміни та визначення

Конфігурація (configuration): Взаємопов'язані функціональні та фізичні характеристики продукції або послуги, встановлені в даних про конфігурацію.

Конфігурація виробу: Структурована сукупність властивостей (конструктивних, функціональних та експлуатаційних характеристик) передбачуваного до розроблення або що розробляється чи існуючого виробу, яка описується в залежності від стадії (етапу) життєвого циклу:

– комплектом документів та даних, що визначають вимоги до виробу, що розробляється або модифікується;

– комплектом документів та даних, що визначають конструкцію виробу або його модифікацію;

– конструкцією виготовленого виробу з урахуванням особливостей його виконання;

– або їх поєднанням.

Базова конфігурація (configuration baseline): Затверджені дані про конфігурацію, в яких встановлені характеристики продукції або послуги, що відносяться до зазначеного моменту часу і використовуються як еталон для діяльності на всіх стадіях життєвого циклу продукції або послуги.

Управління конфігурацією (configuration management): Діяльність у сфері управління процесами створення виробу, яка спрямована на забезпечення відповідності виробу заданим вимогам з урахуванням змін в його конструкції та передбачає систематичний контроль відповідності заданим вимогам і процедури управління необхідними змінами конструкції, документації та даних.

Технологія управління конфігурацією (configuration management technology): Сукупність методів та засобів, включаючи інформаційні технології управління даними, для вирішення завдань управління конфігурацією.

Стандарти комплексу ISO 10303 є міжнародними стандартами для комп'ютерного представлення інформації та обміну даними про вироби. Їх метою є забезпечення нейтрального механізму, здатного описувати вироби протягом усього їх життєвого циклу. Цей механізм застосовують не тільки для обміну нейтральними файлами, він є основою для реалізації та спільного доступу до баз даних про вироби і організації довгострокового їх використання та архівування.

3.3 Управління даними про якість виробів на стадіях життєвого циклу

На всіх етапах життєвого циклу технічного об'єкта необхідна орієнтованість на надійність. Теорія надійності передбачає, що рівень надійності зразків складної промислової продукції визначається конструктивно схемними рішеннями, прийнятими на стадії їх розробки, за умови виконання необхідного технічного

обслуговування, при заданих режимах і умовах застосування за призначенням, зберігання і транспортування зразків на стадії експлуатації. Це означає, що для підтримки надійності зразків на заданому рівні необхідно проведення планового та непланового технічного обслуговування для попередження, своєчасного виявлення і усунення відмов (пошкоджень) складових частин і коригування встановлених режимів технічного обслуговування. Такий підхід відповідає прийнятій в міжнародній практиці методології планування технічного обслуговування, спрямованого на підтримку надійності (reliability-centered maintenance), регламентованого в [14].

Показники якості виробів призначені для оцінювання відповідності виробів заданим вимогам на стадіях розробки, виробництва та експлуатації [15]. Показники якості виробів включають показники, що характеризують виконання техніко-економічних вимог до виробу в частині надійності та вартості ЖЦ, а також показники дефектності. Економічні показники якості характеризують досягнутий рівень вартості ЖЦ виробу по відношенню до цільового значення. Склад показників для оцінювання вартості ЖЦ виробу встановлений у [16].

Для оцінювання вартості ЖЦ використовують наступні показники:

– вартість ЖЦ;

– вартість володіння;

– вартість придбання;

– вартість експлуатації;

– вартість експлуатації за календарний період часу;

– витрати на експлуатацію в одиницю календарного часу;

– залишкова вартість виробу на розрахунковий рік;

– вартість утилізації;

– залишкова вартість складових частин вироби і матеріалів після утилізації;

– вартість розробки.

3.4 Менеджмент надійності. Загальні принципи планування технічного обслуговування для підтримки надійності

Надійність - це властивість об'єкта зберігати в часі здатність функції в заданих режимах і умовах застосування технічного обслуговування, зберігання і транспортування. Надійність є комплексною властивістю, що у залежності від призначення об'єкта та умов його застосування може включати в себе безвідмовність, ремонтопридатність і забезпеченість в заданих умовах використання технічним обслуговуванням і ремонтом, відновлюваність, довговічність, збережуваність, готовність поєднання цих властивостей.

Надійність технічного об'єкта, який розробляє і / або постачає організація, в істотній мірі впливає на сприйняття користувачем цього об'єкта. Низька надійність може не дозволити організації досягти поставлених цілей і привести до зниження її репутації. Надійність формує у споживача довіру до продукції та впливає на здатність організації виконувати поставлені цілі. Цілі можуть бути досягнуті шляхом ефективного планування та виконання дій в області надійності на всіх етапах життєвого циклу об'єктів.

Менеджмент надійності забезпечує системний підхід до надійності та пов'язаними аспектам менеджменту і бізнесу. Тому менеджмент надійності повинен бути включений в загальну систему менеджменту організації і призначений для координації дій в області надійності і отримання позитивних фінансових результатів. Підвищення надійності часто є результатом застосування нових технологій і вимагає інтеграції інновацій з існуючими конфігураціями продукції [17]. На досягнення необхідних показників надійності на всіх етапах життєвого циклу можуть впливати динаміка ринку, стан глобальної економіки та розподіл ресурсів, зміна вимог споживачів і наявність конкуренції.

Забезпечення надійності - це процес, який дозволяє перевірити відповідність технічного об'єкта встановленим вимогам і стандартам. Забезпечення надійності є основою для впевненості в тому, що показники надійності відповідають заявленому рівню. Мета забезпечення надійності полягає в впевненості

зацікавлених сторін в тому, що надійність технічного об'єкта може бути досягнута. Існують загальні підходи до забезпечення надійності технічного об'єкта, які служать різним цілям і мають різну ступінь технічної обґрунтованості.

На стадії проектування та розробки можуть бути застосовані такі методи, як HAZOP, FMEA або FTA. Ці методи допомагають ідентифікувати і попереджати помилки, відмови або небажані події перш, ніж вони з'являться. Організація повинна ідентифікувати ризик, відповідний досягненню вимог, а також можливостей для поліпшення показників на основі аналізу можливих відмов. Система реєстрації відмов, аналізу та впровадження коригувальних дій (FRACAS) – це процес, який надає організаціям можливість звітувати, класифікувати та аналізувати збої, а також планувати коригувальні реакції у відповідь на ці збої. Містить наступні етапи:

1. Повідомлення про несправності (FR): Усі помилки та несправності, пов’язані з системою, частиною обладнання або процесом, офіційно повідомляються за допомогою стандартної форми, відомої як звіт про несправність або звіт про дефект. Звіт про відмову повинен чітко визначати актив, що вийшов з ладу, симптоми відмови, умови випробування, умови експлуатації та час відмови.

2. Аналіз (A): Виконайте аналіз основної причини, щоб визначити, що спричинило несправність. Проведіть аналіз першопричини, щоб визначити, що спричинило несправність.

3. Коригувальні дії (CA): Після встановлення причини несправності виконайте та перевіряйте коригувальні (або попереджувальні) дії, щоб запобігти майбутнім виникненням несправності. Будь-які зміни повинні бути офіційно задокументовані для забезпечення стандартизації.

FRACAS може використовуватися в багатьох додатках, таких як безпека / зниження ризику, управління процесами та системи звітності про аварії. Процес із замкнутим циклом - це дисциплінований та цілеспрямований підхід, який виявляє та вирішує проблеми на етапах проектування, розробки та виробництва. Це робиться за допомогою багатьох фундаментальних завдань, включаючи запис і збір даних та інформації про збої; виявлення та встановлення пріоритетів відмов; і

визначення, реалізація та перевірка коригувальних дій для запобігання повторним відмовам. Зараз FRACAS широко цифровий і, крім звітування про несправності, аналіз та виправлення можуть працювати в парі з багатьма процесами та інструментами, такими як DMAIC, MTBF та MTTR.

3.5 Управління життєвим циклом продукції військового призначення

Терміни та визначення

Виріб фінальний (final item; product): Складний виріб, що не потребує подальшої промислової переробки, призначений для постачання (продажу) з метою його самостійного застосування за призначенням і складається з конструктивно, функціонально та інформаційно зв'язаних складових частин (виробів і матеріалів, в тому числі систем, підсистем, програмних і апаратних засобів) [57].

Інтегрована логістична підтримка (integrated logistic support): Сукупність видів інженерної діяльності, що реалізуються за допомогою управлінських, інженерних та інформаційних технологій, які орієнтовані на забезпечення високого рівня готовності виробів (у тому числі показників, що визначають готовність - безвідмовність, довговічність, ремонтопридатність, експлуатаційну та ремонтну технологічність та ін.) при одночасному зниженні витрат, пов'язаних з їх експлуатацією та обслуговуванням [57].

Матеріально-технічне забезпечення продукції військового призначення, матеріально-технічне забезпечення (supply support): Сукупність процедур і методів, спрямованих на забезпечення своєчасних поставок предметів постачання в кількості, достатній для задоволення вимог до застосування, технічного обслуговування і ремонту фінального вироби (зразка, комплексу), а також - забезпечення зберігання, розподілу, поповнення запасів зазначених предметів постачання.

Управління експлуатаційно-технічними характеристиками (technical operating capabilities management): Діяльність в області управління ЖЦ виробу, спрямована на створення виробу з високим рівнем експлуатаційно-технічні

характеристики, а також на формування і забезпечення ефективного функціонування системи технічної експлуатації виробу з використанням найбільш ефективних конструкторських рішень і технологій інтегрованної логістичної підтримки на всіх стадіях і етапах ЖЦ з метою забезпечення заданих експлуатаційних властивостей виробу за прийнятної вартості життєвого циклу.

Система технічної експлуатації (maintenance system) Сукупність взаємопов'язаних об'єктів технічної експлуатації (фінальний виріб, комплекс, зразок), засобів експлуатації, виконавців та документації, що встановлює правила їх взаємодії, необхідних і достатніх для виконання завдань технічної експлуатації.

Тактико-технічні характеристики виробу, тактико-технічні характеристики (tactical operating capabilities): Характеристики основних функцій фінального виробу (зразка, комплексу), що визначають можливість його застосування відповідно до призначення (маса, швидкість, діапазони робочих електромагнітних частот, швидкість стрільби, корисне навантаження, автономність, вражаючі властивості і т.п.).

Технології інтегрованої логістичної підтримки (integrated logistic support technologies): Сукупність методів та засобів для формування та забезпечення ефективного функціонування системи технічної експлуатації фінального виробу (зразка, комплексу).

Експлуатаційно-економічна ефективність (supportability): Міра досконалості конструкції фінального виробу (зразка, комплексу) та системи їх технічної експлуатації, що відображає співвідношення характеристик готовності та вартості володіння.

Експлуатаційно-технічні характеристики виробу, експлуатаційно-технічні характеристики (technical operating capabilities): Характеристики надійності, відмовостійкості, контролепридатності, експлуатаційної та ремонтної технологічності фінального виробу (зразка, комплексу).

3.6 Принципи управління життєвим циклом продукції військового призначення, його суб'єкти та об'єкти

Управління життєвим циклом продукції військового призначення: Частина діяльності в області розробки, виробництва, забезпечення експлуатації, ремонту та утилізації ПВП, яка пов'язана із забезпеченням заданих вимог до ПВП на основі поетапного планування і контролю відповідності ПВП заданим вимогам на стадіях розробки, виробництва та експлуатації, а також підтриманням такої відповідності вимогам на стадії експлуатації шляхом керованого впливу на конструкцію зразків ПВН, виробниче середовище і систему технічної експлуатації [58].

Управління ЖЦ ПВП здійснюють організації-розробники, організації-виробники, експлуатаційні організації та інші учасники робіт в сфері планування розвитку ПВП, розробки, виробництва, забезпечення експлуатації та утилізації ПВП. Зазначену діяльність здійснюють з використанням програмно-цільового підходу та комплексу технологій управління ЖЦ, у тому числі, в рамках контрактів ЖЦ по створенню і забезпеченню експлуатації ПВП з заданим рівнем ефективності. Управління ЖЦ здійснюють в межах розроблюваних зацікавленими організаціями ОПК програм по конкретним зразкам ПВП. Для цього формують організаційно-технічну систему управління ЖЦ, що включає суб'єкти та об'єкти управління, нормативне правове і нормативно-технічне забезпечення діяльності з управління ЖЦ, а також єдине інформаційне середовище підтримки ЖЦ [59].

Об'єктами управління ЖЦ є зразки ПВП, їх складові частини та їх тактико-технічні характеристики (ТТХ) і вплив цих характеристик на цільові критерії ефективності:

– експлуатаційна готовність, автономність застосування і т.п.;

– ціни ПВП та вартість ЖЦ;

– терміни створення та розгортання;

– експлуатаційно-економічна ефективність ПВП.

Характеристики засобів забезпечення ЖЦ залежать від призначення, характеристик (тактико-технічні характеристики / експлуатаційно-технічні

характеристики) продукції військового призначення. Частина характеристик засобів забезпечення ЖЦ, особливо засобів розгорнутих ще до створення даної ПВП, самі можуть істотно вплинути на прийняття рішень щодо ТТХ і етх новостворюваного зразка ПВП. У зв'язку з цим, для цілей управління ЖЦ зразок ПВП та засоби забезпечення його ЖЦ розглядають як одну складну систему [61].

Для цілей управління ЖЦ використовують його загальну модель (з різновидами такої моделі, при необхідності), яка формалізує послідовність і тимчасові рамки процесів, які необхідні для реалізації ЖЦ ПВП. Зазначена модель розглядає ЖЦ ПВП як цикл існування об'єкта ЖЦ від задуму до утилізації з можливістю відтворення елементів об'єкта ЖЦ [62].

Для управління ЖЦ виділяють його характерні тимчасові інтервали: стадії і етапи. Залежно від виду і складності ПВП приймають базовий набір таких стадій і їх етапів для конкретного виду ПВП. Кожна стадія (етап) має певну мету і результат, спрямовані на досягнення кінцевих цілей і результатів ЖЦ певного виду (зразка) ПВП. Стадії ЖЦ це основні частини (тимчасові відрізки) ЖЦ, що представляють собою значущі періоди зміни стану зразка ПВП від появи в ньому потреби до експлуатації та подальшої утилізації. Стадії ЖЦ характеризуються завданнями, сукупністю виконуваних робіт та кінцевими результатами.

Стадії ЖЦ для складних видів ПВП розбивають на етапи, відповідні контрольним рубежам, при досягненні яких передбачають перевірку результатів робіт, включаючи і контроль характеристик ПВП: типової конструкції і (або) конкретних екземплярів зразка.

При переході між стадіями (етапами) ЖЦ суб'єкти управління ЖЦ приймають рішення про перехід до наступної стадії ЖЦ. Типовий склад, призначення стадій ЖЦ та критерії прийняття рішень про перехід до наступної стадії ЖЦ зразка ПВН.

Висновки до розділу

Встановлено загальна основа для опису процесів життєвого циклу систем, створених людиною. Вибрані набори цих процесів можуть застосовуватися протягом усього життєвого циклу для управління та виконання етапів життєвого циклу системи. Це досягається залученням усіх зацікавлених сторін з кінцевою метою досягнення задоволеності споживачів.

Встановлені вимоги до інтеграції, яким повинні задовольняти виробничі активи і ресурси на стадії управління і технічного обслуговування протягом життєвого циклу виробничих систем з урахуванням аспектів забезпечення якості, вартості та термінів випуску продукції. Наведено вказівки щодо вартості життєвого циклу для використання менеджерами, інженерами, фінансовим персоналом та підрядниками; воно також призначене для надання допомоги тим, від кого може вимагатись уточнення та доручення такої діяльності, коли її здійснюють інші.

Розглянутий метод оцінки дозволяє підрахувати витрати енергії виробничої системи і ступінь її впливу на навколишнє середовище. Серія стандартів ISO 20140 встановлює систематичну оцінку екологічної ефективності шляхом аналізу виробничих можливостей виробничих систем.

Інформаційна модель, яка використовується для оперативного управління виробничими операціями, представлена як модель календарного планування виробництва (виробничого планування), модель виробничих показників, модель визначення продукту та модель виробничих можливостей

Визначена структура, що відповідає вимогам ISO 15704, яка служить загальною основою для ідентифікації та координації розробки стандартів для моделювання підприємств, підкреслюючи, але не обмежуючись, комп'ютерно інтегрованим виробництвом.

Результати досліджень є основою для подальших стандартів з розробки моделей, які можна використовувати на комп'ютері та забезпечувати підтримку прийняття рішень на основі моделей бізнес-процесів, що веде до функціонування, моніторингу та контролю на основі моделей.

4 АТЕСТАЦІЙНЕ ТЕСТУВАННЯ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ОБ'ЄКТІВ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

4.1 Виконання додаткових етапів методики забезпечення інтероперабельності

Складні системи характеризуються множиною станів. Кожен стан визначається певним набором параметрів. Зміна значень параметрів, що характеризує окремий елемент системи, може призвести до зміни вихідних параметрів системи в цілому та її стану. Останнє, поряд з наявністю складних функціональних залежностей, значно ускладнює формалізацію при описі процесів функціонування таких систем.

Незважаючи на те, що з теоретичної точки зору аналіз простору станів є гнучким та універсальним, вирішення складних практичних завдань інтеграції можливостей виробничих систем потребує спеціальних методів. Метою даного дослідження є вдосконалення системи управління життєвим циклом виробничих систем з урахуванням концепції ощадливого виробництва на основі моделювання змін станів складних систем.

Функціонування будь-якої виробничої системи як сукупності взаємозалежних процесів, що перетворюють інформацію, знання, енергію, матеріали та інші ресурси визначається потребами споживача. Застосування концепції ощадливого виробництва, у функціонуванні виробничих систем передбачає певний спосіб мислення, що розглядає будь-яку діяльність з погляду цінності споживача і скорочення всіх видів втрат.

Система управління економічним виробництвом (LMMS) – це система управління виробничою системою, що забезпечує узгодження потоків створення цінності із потоками замовлень клієнтів. Робота LMMS спрямована на постійне покращення можливостей та гнучкості виробничої системи. LMMS, як і виробнича система, може існувати у різних станах, кожен з яких визначається певною комбінацією станів її елементів. У разі великої кількості станів та переходів при прийнятті рішення про оптимізацію системи велика ймовірність помилок та

спотворень. Марківський аналіз - одне із аналітичних методів, який можна застосувати до будь-якої системі для аналізу її станів.

З розвитком сучасної промисловості об'єкти управління стають дедалі складнішими. Це створює безліч нових проблем, які можуть бути пов'язані зі значною кількістю параметрів, що змінюються в часі, великими тимчасовими затримками, високою нелінійністю процесів і складними відносинами між вхідними і вихідними параметрами. У контексті сталого розвитку інформація, зібрана про процес виробництва промислового продукту, має вирішальне значення для життєвого циклу цього продукту та організації його виробництва. Ключем для обміну інформацією є забезпечення взаємодії даних. Управління виробництвом з урахуванням концепції ощадливого виробництва сприймається як функція спрямування чи регулювання потоку товарів по всьому виробничому циклі від купівлі сировини до доставки кінцевої продукції, включаючи впливом геть управління ресурсами.

Оригінальний підхід до багатоцільової оптимізації економічних та ресурсоефективних виробничих систем запропоновано на роботах Solke, N.S. та ін [33], Greinacher, S. та ін [34], Mourtzis, D. та ін [35].

У таких системах оцінка ефективності виробництва з використанням системи економічних та екологічних показників, яка описана в роботах Jordan, E. et al [36], Darestani, SA та ін [37], Leong, WD та ін [38], може бути використаний при розробка системи управління виробничим процесом, заснована на концепції ощадливого виробництва.

Розроблені методи оцінки індивідуальних властивостей системи, який дозволяє визначати параметри робочого стану та тривалості функціонування, включаючи виробничі системи.

Yılmaz Ö.F. et al [14], Zhang, K. et al [15], Gelmez, E. et al [16], Razali N.M. et al [17], Kopylov M.V. [18] in their works offered an interesting and accessible research tool that involves the creation of a value stream mapping (VSM) using estimates of lean manufacturing in combination with discrete event modeling.

Jbara, A., Bibliowicz, A., Wengrowicz, N. та ін. [39, 40] використовували інший компактний концептуальний підхід - об'єктно-процесну методологію (OPM), яка розглядається як сучасна методологія для моделювання компонентів складних, багатопрофільних динамічних систем та підтримки прийняття рішень з використанням інформаційних технологій.

Актуальність дослідження проблеми забезпечення функціональності виробничих систем підтверджується численними дослідженнями у цій галузі, зокрема роботами інших авторів: Thomassen, G. et al. [41]; Арвідссон Р. та Моландер С. [42].

Огляд літератури показує, що, незважаючи на інтерес наукової спільноти та зацікавлених сторін до галузі управління виробничими системами, в даний час не існує комплексної методології оцінки різних станів таких систем у часі, яка могла б враховувати конкретну комбінацію та зміну параметрів його окремих елементів (персонал, обладнання, матеріальні активи та матеріали). Виходячи з вищевикладеного, слід звернути увагу на наявність чотирьох характеристик виробничих систем, які можна розглядати як проблеми для подальших досліджень: сумісність, масштабованість, доступність та невизначеність даних про стани систем. Подальші дослідження у цій галузі необхідні розробки схем масштабування застосування нових передових виробничих технологій. З погляду авторів даної роботи, використання марківських методів дозволяє підвищити надійність моделювання подій та станів виробничих систем з подальшим використанням при розробці нормативних документів з управління виробничими процесами.

У цьому документі досліджуються виробничі системи, які використовуються у певних умовах для надання продуктів та/або послуг користувачам та іншим заінтересованим сторонам. Сегменти процесу, що становлять виробничу систему, створюють цінність кінцевого користувача.

Сегменти процесу – це логічна група персоналу, обладнання, фізичних активів та матеріалів, необхідних для створення вартості. Групи ресурсів, таких як люди, обладнання, фізичні активи та матеріали, задіяні, доступні або недоступні

для даного сегмента процесу у певний час, розглядаються як можливість сегменту процесу. Об'єктні моделі сегментів процесу представлені з використанням угод (позначень) UML відповідно до ISO/IEC 19501:2005. Value визначає необхідні класи персоналу, обладнання, фізичних активів та матеріалів, а також кількість інших необхідних ресурсів. Модель UML визначає, що клас може мати нуль, одну або кілька властивостей.

Взаємопов'язані процеси/операції створення та переміщення Цінності супроводжуються зміною станів матеріальних (сировина, матеріали, компоненти, деталі та складальні одиниці, готова продукція), інформаційних та фінансових потоків. Для дослідження виробничих систем прийнято деякі вимоги, що включають умови дотримання принципів дбайливого виробництва [43]:

– потокова організація процесів, при якій рух продукції здійснюється безпосередньо від виходу процесу постачальника до входу процесу споживача, минаючи доставку на склад та доставку зі складу (при цьому функцію доставки виконує логістичні процеси);

– управління системою процесів через основні характеристики потоку створення цінності (продуктивність процесу, машинний цикл та час циклу (τ), товарні запаси, час циклу зворотних процесів, коефіцієнти доступності процесу);

– вдосконалення системи процесів та їх постійна адаптація до потоку замовлень, що змінюється.

Концепція ощадливого виробництва охоплює всі рівні потоку створення цінності, починаючи з взаємодії організацій у ланцюжку поставок: міжорганізаційний рівень (рівень 1), організаційний рівень (рівень 2), рівень організаційних процесів (рівень 3) та рівень специфічних операцій (рівень 4) (рисунок 4.1).

Потік створення цінності (рисунок 4.2), який складається з елементарних послідовних або послідовно-паралельних ланцюжків (рисунок 4.3), що включають процеси зміни (створення) властивостей продукту та логістичні процеси руху вартості, характеризується швидкістю, безперервністю, одноманітністю і є також супроводжується різними втратами. Процеси/операції зазвичай мають різну

пропускну здатність. Концепція ощадливого виробництва має бути узгоджена зі збільшенням швидкості потоку створення цінності, забезпеченням його безперервності, одноманітності та усуненням втрат. Вирівнювання пропускної спроможності та синхронізація процесів дозволяє організувати безперервний потік створення цінності та ефективно виконувати замовлення клієнтів з мінімально необхідною кількістю матеріальних та виробничих активів у найкоротші терміни (безперервна обробка без затримок та очікувань).

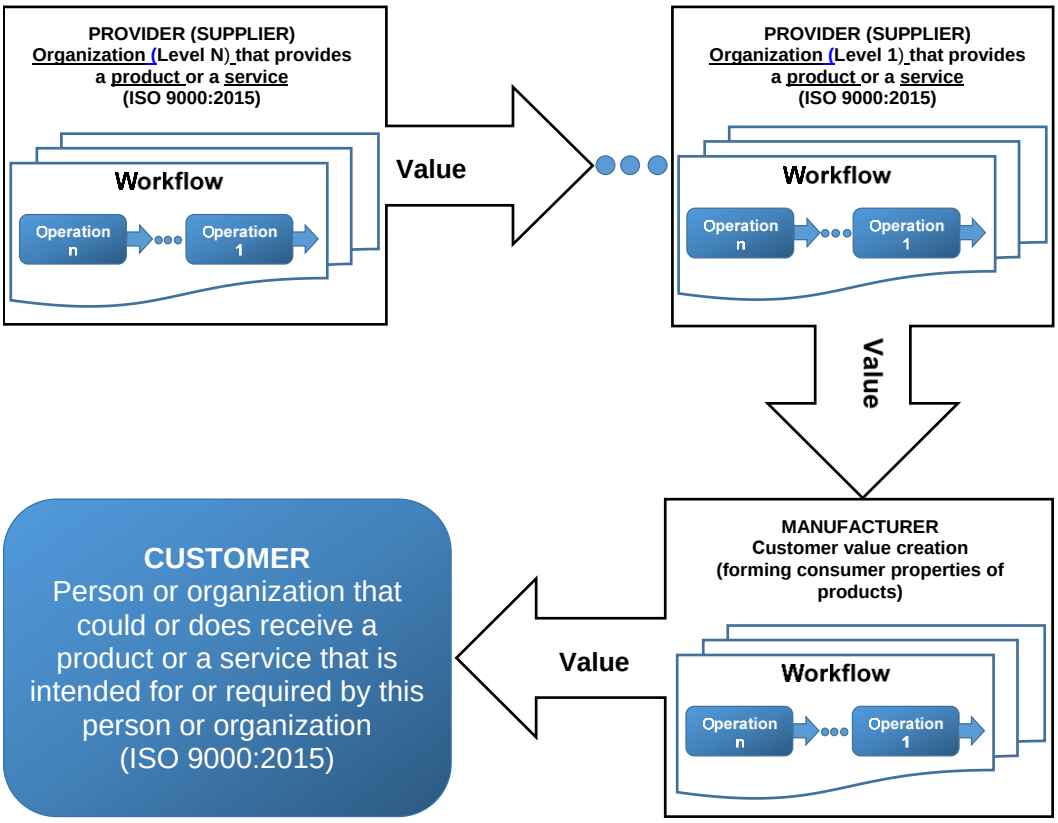


Рисунок 4.1 – Рівні потоку цінностей

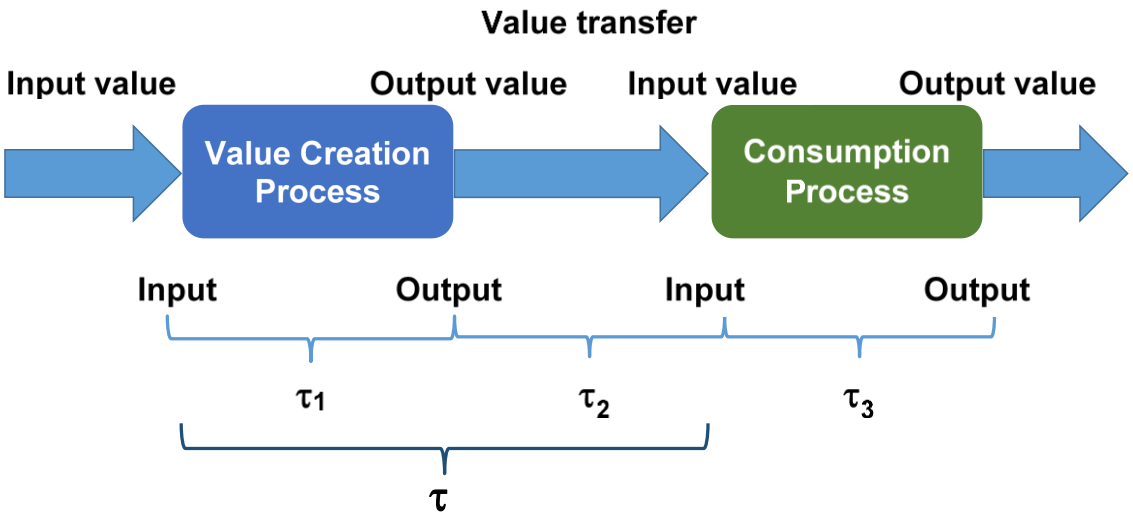


Рисунок 4.2 – Структура елементарної дії для створення та передачі вартості (послідовні ланцюжки)

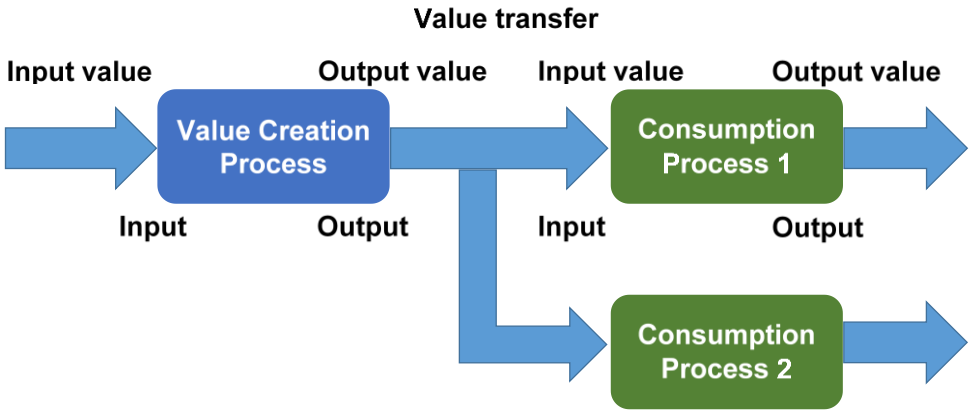


Рисунок 4.3 – Структура елементарної дії для створення та переміщення вартості (послідовно-паралельні ланцюжки)

Зміни стану та переходи між ними є наслідком різного ступеня відтворюваності результатів процесів виробничих систем (ефектів, що формують споживчі властивості продуктів, руху та споживання) в одних і тих самих умовах. Аналіз діаграми станів дозволяє визначити, які властивості будуть мати ресурси (персонал, обладнання, фізичні активи та матеріали) для забезпечення необхідної цінності. На рисунку 4.4 показано діаграма станів варіацій Value. Значення може бути в стані S_1, S_2, S_3, S_4 або S_5. Процес створення цінності змінює стан значення S_1 на S_3. Процес створення значення з результуючим посиланням, що створює

значення з n-станами S_1S_n (без вказівки конкретного стану), означає, що ймовірність формування значення в будь-якому конкретному стані має бути 1/n.

На діаграмі (рис. 4.5, а) результуючий зв'язок між процесом створення цінності та значенням, що має три стани, означатиме, що процес створення цінності може створювати кожен стан цінності з рівною ймовірністю $P_r = 1/3$. Діаграма (рис. 4.5b) ілюструє складніший спосіб вираження тієї самої ситуації. Загалом, ймовірність того чи іншого підключення не рівні.

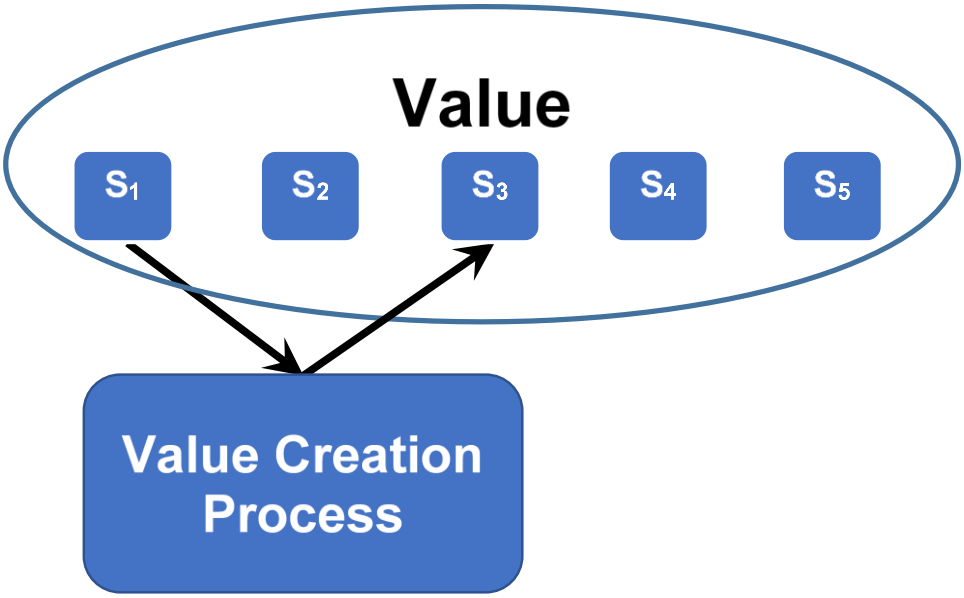
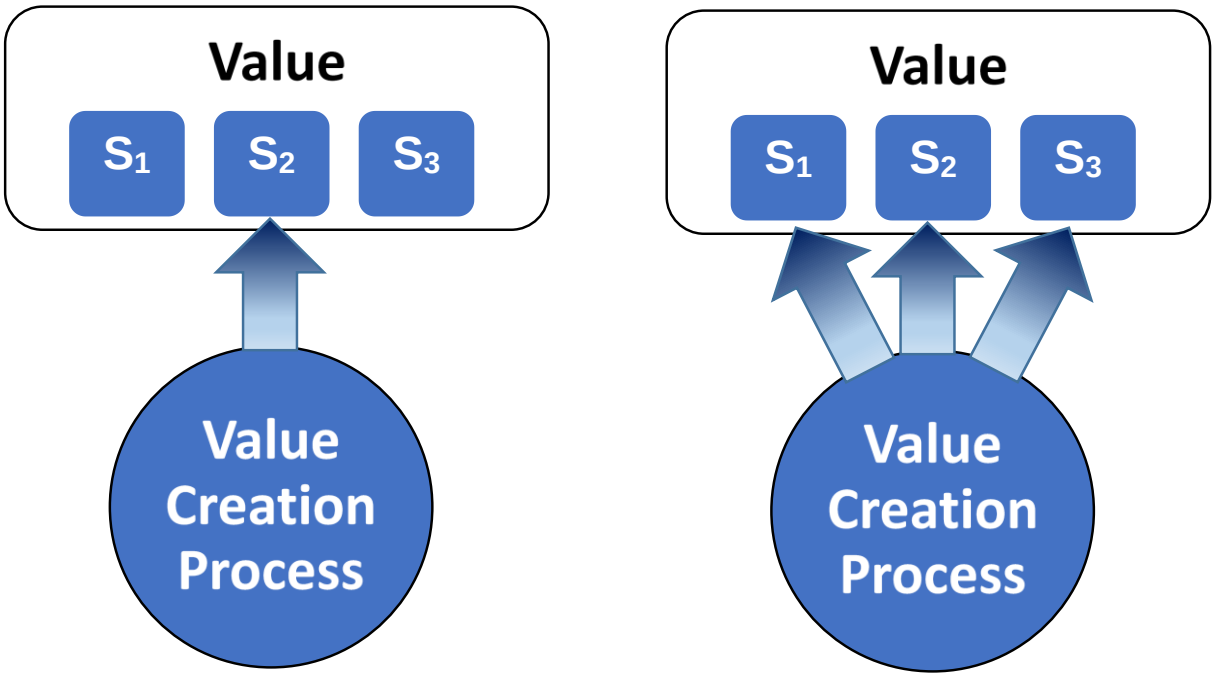


Рисунок 4.5 Діаграма станів Value

Графічно, поряд з кожним з'єднанням «спиці» з ймовірнісними властивостями, повинні бути анотації у вигляді Pr = p, де p - ймовірність переходу, числове значення ймовірності або параметр, який повинен вказувати ймовірність визначення пріоритетів серед величезної кількості можливих сфер взаємодії та реалізації конкретних проектів.

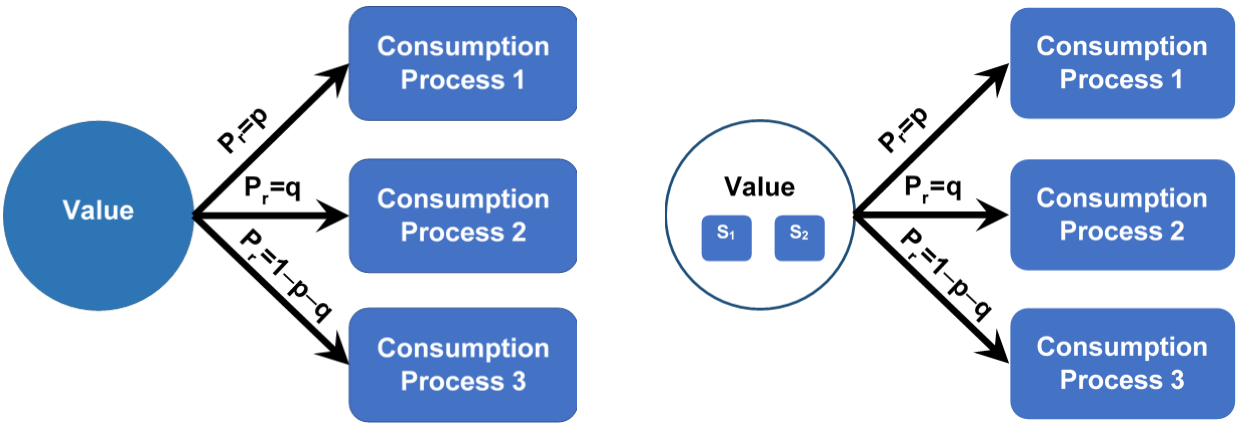


a) Value can be found in three different states: S_1, S_2, S_3. Value Creation Process creates Value

b) Value Creation Process create states S_1, S_2 or S_3 for Value

Рисунок 4.5 – Еквівалентність відповідних та результуючих позицій, що визначають стан Value

Діаграма на рисунку 4.6 (а) особливо добре ілюструє ймовірні споживчі відносини розгалуження, за допомогою яких споживається цінність, з певними ймовірностями для процесу споживання 1, 2 або 3. Під станом Value розуміється простір параметрів товару (якість, час виробництва, час надання послуги, надійність, безпеку та інших.). Стан цінності має сенс лише у тих продукту.



a) Value is consumed by Consumption Process 1 with probability p, Consumption Process 2 is with probability q or Consumption Process 3 is with probability 1–(p–q)

b) Value in state S_2 is consumed by Consumption Process 1 with probability p, Consumption Process 2 is with probability q, or Consumption Process 3 is with probability 1–(p–q)

Рисунок 4.6 – Значення, з визначеними станами або без них, як джерела та приймачі ймовірнісного розгалуження

У цій роботі для дослідження виробничої системи була використана методологія аналізу простору станів на основі методів марківського аналізу, що являє собою графічне зображення функціонування системи та моделює аспекти поведінки системи в часі. Однорідний у часі марківський процес повністю характеризується матрицею інтенсивностей переходів $Q = [\lambda_{ij}]$ та вектором початкових ймовірностей на момент t = 0. Швидкість переходу λ_{ij} визначається процесом продуктивності. Процес продуктивності Value stream визначається швидкістю виконання елементарних дій для створення та переміщення цінності в потік.

$$\lambda = \frac{V_2 - V_1}{\Delta t}, \tag{4.1}$$

де V_1 – значення на вході процесу споживання;

V_2 – значення на вході процесу створення цінності;

Δt – час створення вартості в Процесі створення вартості та її переміщення на вхід Процесу споживання (час між моментами двох послідовних входів процесів).

Ймовірності переходу з одного стану в інший за проміжок часу Δt (Δt приймається за малий) задаються значеннями $\lambda \cdot \Delta t$. Ймовірності, що відповідають окремим станам, можна отримати на основі матриці переходів або розв'язуючи диференціальні рівняння. Графічне відображення матриці інтенсивності переходу є діаграмою стану та діаграмою переходів. Розглянемо впорядкований набір станів Value S_0, S_1, S_2,…, S_k (рис. 4.7).

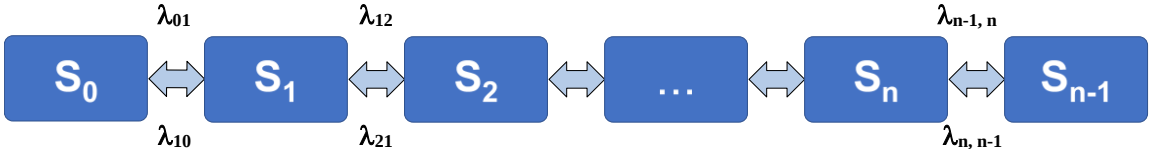


Рисунок 4.7 – Послідовність станів значень

Очевидно, що для будь-якого моменту сума ймовірностей усіх станів дорівнює одиниці

$$\sum_{i=0}^{3} p_i(t) = 1 \qquad (4.2)$$

Тоді ймовірність P_r стану S_0 визначається виразом::

$$P_r(S_0) = \frac{1}{1+\frac{\lambda_{01}}{\lambda_{10}}+\frac{\lambda_{01}\cdot\lambda_{12}}{\lambda_{21}\cdot\lambda_{10}}+\cdots+\frac{\lambda_{01}\cdot\lambda_{12}\ldots\lambda_{n-1,n}}{\lambda_{n,n-1}\ldots\lambda_{21}\cdot\lambda_{10}}} \qquad (4.3)$$

Формули для визначення ймовірності Pr станів S_1, S_2, S_n наведені нижче:

$$P_r(S_1) = \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{10}} \cdot P_r(S_0),\ P_r(S_2) = \frac{\lambda_{12}\cdot\lambda_{01}}{\lambda_{21}\cdot\lambda_{10}} \cdot P_r(S_0), P_r(S_n) = \frac{\lambda_{n-1,n}\ldots\lambda_{12}\cdot\lambda_{01}}{\lambda_{n,n-1}\ldots\lambda_{21}\cdot\lambda_{10}} \cdot P_r(S_0) \qquad (4.4)$$

Ступінь дискретності представлення даних визначається їх цільовим призначенням. Кожна конкретна практична реалізація може вимагати свого власного ступеня дискретності представлення даних для кожного стану. Для полегшення обчислень слід побудувати діаграму станів з мінімально можливою кількістю станів. Розглянуті моделі підходять для всіх категорій виробничих процесів/операцій (обслуговування, контроль якості, управління запасами, використання запасів тощо) відповідно до IEC 62264-1:2013.

4.2 Моделювання стану виробничих систем в умовах ощадливого виробництва

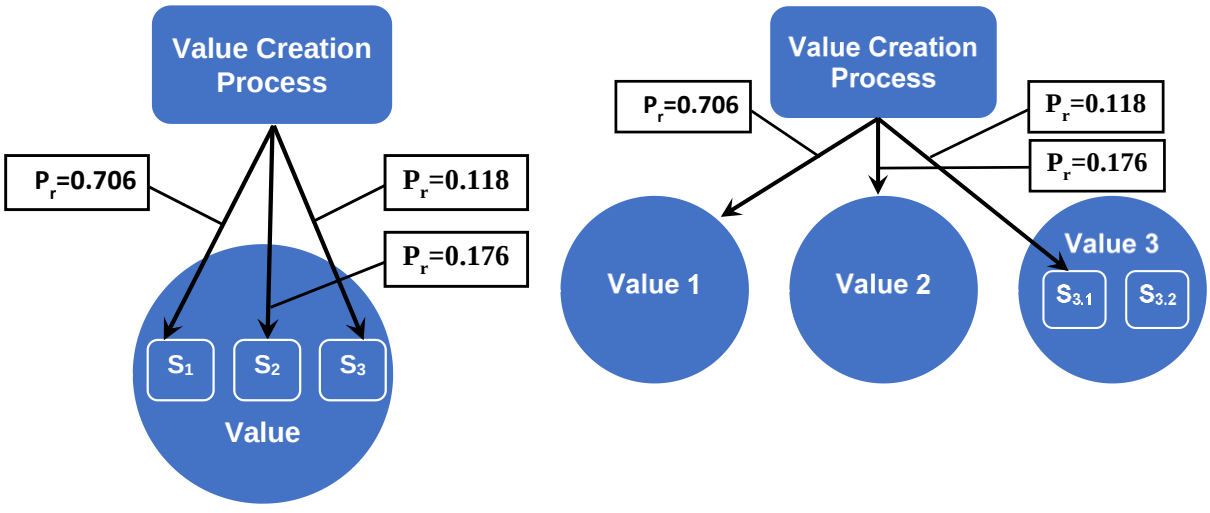
Розглянемо $P_1(t)$, $P_2(t)$, $P_3(t)$ – це ймовірність того, що в момент часу t значення перебуватиме в стані 1, 2 і 3 відповідно до рисунку 4.8. Використовуючи формули 3 і 4 зі швидкістю переходу $\lambda_{12} = 1$, $\lambda_{21} = 4$, $\lambda_{23} = 2$ $\lambda_{32} = 3$ (розглянуті значення є абстрактними представленнями без вказівки якихось спеціальних типів даних), обчислимо, що $P_1 = 0{,}706$, $P_2 = 0{,}176$, $P_3 = 0{,}118$.

Ці розрахунки представляють загальний підхід до управління проектом або процесом створення вартості. На рисунку 4.8 представлені варіанти ймовірності, які визначають стан значення. Цінність розуміється як те, що люди хочуть володіти, використовувати, що вони хочуть споживати, експлуатувати і чим вони хочуть обміняти. На діаграмі (Рисунок 4.8, a) представлено Процес створення цінності, який може створити значення в трьох можливих станах S_1, S_2 або S_3 з відповідними ймовірностями 0,706, 0,176 і 0,118, які вказуються вздовж кожного з отриманих «спицевих» з’єднань. . На діаграмі (Рисунок 4.8, b) представлено Процес створення значення, який може створити одне зі значення 1, 2 або 3 у стані $S_{3.1}$ з імовірностями, заданими вздовж кожного з результуючих "спиць" з'єднань.

Цінність для внутрішніх споживачів визначається виконанням вимог щодо постачання продукції необхідної якості, в потрібний час і місце, в необхідній кількості. Потік цінності формується як повторювана послідовність створення вартості та руху від входів перших процесів до виходів останніх, синхронізована з

потоком замовлень, і є результатом діяльності системи процесів, що створюють вартість і переміщення послуг у часі та просторі від постачальників до споживачів.

Визначаються, аналізуються та розглядаються стани потенційної цінності, щоб допомогти забезпечити відповідність зацікавленим сторонам і надати альтернативи для вибору найбільш вигідного способу дій на будь-якому етапі життєвого циклу продукту. Протягом усього життєвого циклу продукту підтримується двостороння простежуваність між потребами та вимогами зацікавлених сторін, між зацікавленими сторонами та джерелами, організаційною стратегією, проблемами та можливостями бізнесу чи місця призначення.



a)

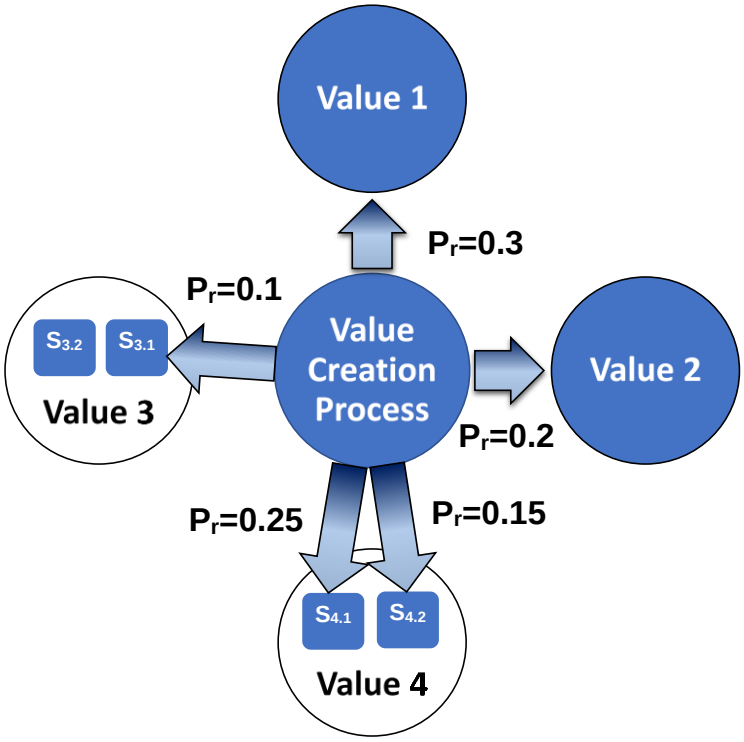
Value Creation Process creates Value in state S_1 with probability 0.706, Value in state S_2 with probability 0.176 or Value in state S_3 with probability 0.118. A similar deterministic case: Value Creation Process creates Value only in state S_1,S_2 or S_3.

b)

Value Creation Process creates Value 1 with probability 0.706, Value 2 with probability 0.176 or Value 3 in state $S_{3.1}$ with probability 0.118. A similar deterministic case: Value Creation Process creates only Value 1, 2 or 3 in state $S_{3.1}$.

Рисунок 4.8 Створення імовірнісного значення, що визначає стан Value

На діаграмі на рисунок 4.9 представлено ймовірне результуюче співвідношення, за допомогою якого процес створення цінності створює значення 1, значення 2 або значення 3 у стані $S_{3.1}$, або значення 4 є станом у стані $S_{4.1}$ або $S_{4.2}$.



Value Creation Process creates Value 1 with probability 0.3, Value 2 is with probability 0.2, state $S_{3.1}$ Value 3 is with probability 0.1, state $S_{4.1}$ Value 4 is with probability 0.25, state $S_{4.2}$ Value 4 is with a probability of 0.15.

Рисунок 4.9 – Модель послідовності стану Value

Існує широкий спектр виробничих систем, які відрізняються за призначенням, масштабом, складністю, масштабом, новизною, адаптивністю, кількісними характеристиками, розташуванням, фрагментом часу існування та еволюцією. Модель життєвого циклу продукту формується як послідовність станів цінності, які можуть бути належним чином накладені та/або повторені для області розглянутої виробничої системи залежно від масштабу, складності, змінних потреб і можливостей.

Змінний характер впливів на виробничу систему (зміни в навколишньому середовищі, нові можливості для впровадження елементів системи, зміни в структурі та відповідальності в організації) вимагає постійного аналізу станів цінності та прийняття рішень для кожного використання ресурсів процесу. . Керуючи багатьма екзогенними впливами на виробничу систему, використання моделей послідовності стану значень дозволяє врахувати накопичені зміни на кожному етапі життєвого циклу продукту.

Моделі послідовності стану значення в цій статті можуть використовуватися будь-якою організацією для придбання, використання, створення або постачання продуктів. Їх можна застосовувати на будь-якому рівні ієрархії виробничої системи та на будь-якій стадії життєвого циклу продукту. Організації можуть застосовувати цей підхід до моделювання стаціонарного стану та додавати процедури, методи, інструменти та до його положень.

ВИСНОВКИ

Виробничі системи, які побудовані на принципах бережливого виробництва та організовані з використанням процесного підходу для координації потоків створення вартості, потребують постійного вдосконалення.

Для прийняття обґрунтованих рішень для ефективної організації процесів на всіх етапах життєвого циклу продукту/послуги необхідна достовірна техніко-економічна інформація, яка враховує зміну ієрархічної структури виробничої системи в контексті змінних вимог зацікавлених сторін.

Моделі даних формуються і конфігуруються у відповідності зі стандартами управління ресурсами та обміну даними. Це відноситься і до EPE-оцінок в частині використання тих даних та інформації, які реально існують у виробничій системі.

Обмін даними та інформаційними моделями, що містять зовнішні, довідкові та фактичні дані (але не індивідуальні дані), як правило, здійснюється в рамках функціональної ієрархії між її різними рівнями.

Витрата матеріалів відносно легше контролювати, ніж споживання енергії. Інвентаризація дозволяє з достатньою точністю встановлювати наявність або відсутність матеріалів. Сировина можна отримувати з різних джерел, і ці матеріали протягом усього життєвого циклу продукції будуть проходити через ряд таких процесів, як, наприклад, вилучення, зварювання або механічна обробка.

Вплив на стан навколишнього середовища при виробництві матеріалів, що включаються в область регулювання споживання і використання електричної енергії (EMU), в значній мірі залежить від матеріальних ресурсів, процесу, використовуваного для отримання матеріалів, а також від географічного розташування матеріалів по відношенню до місця розташування виробничої системи.

Енергію, що використовується виробничою системою, можна отримувати з різних джерел, наприклад, електроенергія може генеруватися гідроелектростанціями або електростанціями, що працюють на викопному паливі; або з використанням таких відновлюваних джерел енергії, як вітряна і сонячна

енергія. Вплив на навколишнє середовище при виробленні, передачі, збереження і розподіл енергії буде залежати від енергетичних ресурсів і технологій, що використовуються для перетворення і подачі енергії в виробничу систему.

Результати досліджень задовольняють всі вимоги зацікавлених сторін щодо ефективності сучасних виробничих систем, необхідно розробити уніфіковані підходи, які б могли надійно прогнозувати та керувати процесами на всіх етапах життєвого циклу продукту/послуги.

У роботі показано переваги використання марківського аналізу при моделюванні дискретних станів процесів у динамічно складних відкритих виробничих системах. Використання цього підходу на основі діаграм переходу станів дозволяє контролювати можливості процесів щодо зниження витрат, підвищення прибутковості бізнесу, скорочення часу виконання замовлення та підвищення продуктивності праці.

Незважаючи на визнані переваги, цей метод має деякі обмеження, які стосуються його використання. Зокрема, з часом можуть змінюватися ймовірності переходу або інтенсивність переходу між станами системи. Більше того, важко передбачити напрямок подальших змін в умовах деградації/адаптації системи, або в момент включення суб’єктивної складової при прийнятті керівниками тих чи інших рішень. Точність моделювання в цих випадках визначається наявністю необхідних даних, їх постійним поповненням, перевіркою.

Результати дослідження можуть представляти інтерес при розробці методичних рекомендацій для керівників виробничих процесів і мають на меті розширити арсенал методичних підходів для майбутніх наукових досліджень поведінки виробничих систем.

Дослідження проводяться за систематичним оглядом літератури з методів оцінки навколишнього середовища, що застосовуються в області управління ЖЦ, а також за порадою ряду активних дослідників та експертів у цій галузі. Така концептуальна основа має на меті направити фахівців у подоланні основних викликів, з якими доводиться стикатися під час розробки СВ для ВТ.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ISO/IEC/IEEE 15288:2015 Systems and software engineering — System life cycle processes.

2. ISO 11354-2:2015 "Advanced automation technologies and their applications - Requirements for establishing manufacturing enterprise process interoperability - Part 2: Maturity model for assessing enterprise interoperability",

3. ISO/IEC 11179-1:2015 Information technology — Metadata registries (MDR) — Part 1: Framework

4. ДСТУ EN 62264-1:2019 Интеграция систем управления предприятием и производством. Часть 1. Модели и терминология (EN 62264-1:2013, IDT; IEC 62264-1:2013, IDT)

5. ISO/IEC TR 20547-1:2020 «Information technology — Big data reference architecture — Part 1: Framework and application process», IDT

6. IEC 62264-4:2015 Enterprise-control system integration — Part 4: Objects and attributes for manufacturing operations management integration

7. IEC 62264-2:2013 "Enterprise-control system integration - Part 2: Object and attributes for enterprise-control system integration", IDT

8. ISO 20140-5:2017 "Automation systems and integration - Evaluating energy efficiency and other factors of manufacturing systems that influence the environment - Part 5: Environmental performance evaluation data", IDT

9. ДСТУ EN 62264-2:2019 Интеграция систем управления предприятием и производством. Часть 2. Объекты и атрибуты для интегрирования систем управления предприятием и производством.

10. ISO/IEC 25010:2011 Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — System and software quality models

11. ДСТУ ISO 13053-1:2016 Статистический контроль. Количественные методы улучшения процесса. Шесть Сигма. Часть 1. Методология (ISO 13053-1:2011, IDT).

12. ДСТУ ISO/TS 10303-1628:2019 Системы промышленной автоматизации и интеграции. Представление данных по изделиям и обмену данными. Часть 1628. Модуль прикладных программ. Управление проектными данными по изделиям (ISO/TS 10303-1628:2019, IDT)

13. IEC 60300-3-11:2009 Dependability management - Part 3-11: Application guide - Reliability centred maintenance.

14. IEC 60300-1:2014 "Dependability management - Part 1: Guidance for management and application", IDT.

15. Trishch R., Nechuiviter O., Dyadyura K. Vasilevskyi O., Tsykhanovska I., Yakovlev M. Qualimetric method of assessing risks of low quality products. MM Science Journal, 2021, October, pp. 4769–4774.

16. Panda A., Anisimov V.M., volodymyr volodymyrovych Anisimov V.V., Dyadyura K., Pandova I. Increasing of wear resistance of linear block-polyurethanes by thermal processing methods. MM Science Journal, 2021, October, pp. 4731-47-35.

17. Pandova I., Makarenko V., Mitrofanov P., Dyadyura K., Hrebenyk L. Influence of nonmetallic inclusions on the corrosion resistance of stainless steels in arc surfacing. MM Science Journal, 2021, October, pp. 4775-4780.

18. Dyadyura, K., Hrebenyk, L., Krenicky, T., Zaborowski, T. Modeling of the manufacturing systems state in the conditions of the lean production. MM Science Journal, 2021, 2021(June), pp. 4408–4413.

19. Dyadyura, K., Ivakhniuk, T., Hrebenyk, L., Ivakhniuk, U., Sukhodub, L. Standardization Issues of Test Methods for Engineering Nanomaterials. Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2021, pp. 797–805.

20. Denysenko, Y., Ivanov, V., Luscinski, S., Zaloga, V. An integrated approach for improving tool provisioning efficiency. Management and Production Engineering Reviewt, 2021, 11(4), pp. 4–12.

21. Ivanov, V., Kolos, V., Liaposhchenko, O., Pavlenko, I. Technological Assurance of Bracket-Type Parts Manufacturing. EAI/Springer Innovations in Communication and Computing , 2022, pp. 397–409.

22. Ivanov, V., Liaposhchenko, O., Denysenko, Y., Pavlenko, I. Ensuring economic efficiency of flexible fixtures in multiproduct manufacturing. Engineering Management in Production and Services , 2021, 13(1), pp. 53–62..

23. Ivanov, V., Dehtiarov, I., Evtuhov, A., Pavlenko, I., Ruban, A. Multiaxis Machining of Fork-Type Parts: Fixture Design and Numerical Simulation. Lecture Notes in Networks and Systems, 2021, 233, pp. 142–152.

24. Korotun, M., Denysenko, Y., Ciszak, O., Ivchenko, O Improvement of the Gear Shaping Effectiveness for Bimetal Gears of Internal Gearing with a Friction Coating. Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2021, pp. 444–452.

25. Денисенко Ю. О. Удосконалення нормативної бази інструментальної підготовки виробництва щодо поліпшення техніко-економічних показників: монографія/Ю.О. Денисенко, В. О. Залога, О. В. Івченко. – Суми: Сумський державний університет, 2020. – 93 с.

26. Національна безпека України у викликах новітньої історії. Розділ: Інструментальне виробництво як вирішальна складова машинобудівної галузі: монографія / авт.-уклад. В. І. Шпак; кер. авт. кол. С. І. Табачніков. – К.: ДП «Експрес-об'ява», 2020. – 464 с., (424 – 433). DOI 10.5281/zenodo.3577932 ISBN 978-617-7389-16-2. (Колективна монографія)

27. Zaloga V., Ivanov V., Pavlenko I., Dehtiarov I. Technological assurance of manufacturing effectiveness on CNC machining centers. In: Karabeovic I. et al. (eds) Handbook of Research on Integrating Industry 4.0 in Business and Manufacturing. 2020. P. 344 - 384. DOI:.10.4018/978 - 1 – 7998 – 2725 – 2.

28. Панченко В. О. Підконтрольна експлуатація обладнання насосних станцій: навчальний посібник / В. О. Панченко, В. Ф. Герман, О. В. Івченко та ін. ; за загальною редакцією В. О. Панченка. – Суми : Сумський державний університет, 2020. – 270 с.

29. Kotliar, A., Basova, Y., Ivanov, V., Litvynenko, M., Zinchenko, O. Ensuring the economic efficiency of enterprises by multi-criteria selection of the optimal manufacturing process. Management and Production Engineering Review, 2020, 11(1), стр. 52–61.

30. Dodok, T., Čuboňová, N., Císar, M., Ivanov, V., Wiecek, D. Influence of CNC milling strategies on complex surface machining. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 776(1), 012002.

31. Zaloga, V., Dyadyura, K., Rybalka, I., Pandova, I., Zaborowski, T. Enhancing efficiency by implementation of integrated management system in order to align organisational culture and daily practice. Management Systems in Production Engineering, 2020, 28(4), стр. 304 – 311.

32. Anisimov, V.M., Panda, A., Anisimov, V.V., Dyadyura, K., Pandova, I. About wear resistance of linear block-polyurethanes. MM Science Journal, 2020, 2020(November), стр. 4068–4073.

33. Dyadyura, K., Pererva, V. Physical-mechanical properties and structural-phase state of nanostructure wear-resistant coatings based on nitrides of metals W and Cr. Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2020, стр. 402 – 409.

34. Martsynkovskyy, V., Tarelnyk, V., Konoplianchenko, I., Gaponova, O., Antoszewski, B., Kundera, Cz., Dyadyura, K., Tarelnyk, N., Sarzhanov, B., Mikulina, M., Gapon, O., Semernya, O. New Process for Forming Multicomponent Wear-Resistant Nanostructures by Electrospark Alloying Method. Springer Proceedings in Physics, 2020, 240, стр. 135–149.

35. Dynnyk, O., Denysenko, Y., Zaloga, V., Ivchenko, O., Yashyna, T. Information support for the quality management system assessment of engineering enterprises. Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2020, стр. 65–74.

36. Korotun, M., Denysenko, Y., Malovana, N., Dutchenko, O. Improvement of the Effectiveness of General Engineering Courses Using Trainers. Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2020, стр. 23–34.

37. Denysenko, Y., Kysylevska, A., Panchenko, O., Zaloga, V., Dynnyk, O. Decision-making based on prediction of oil quality indicators in the enterprise's information system. Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2020, стр. 25–31.

38. Ivchenko, O., Zhyhylii, D., Zaloha, O., Zaloga, V., Dehtiarenko, O. Resolution of the friction coefficient of adhesion under cutting. Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2020, стр. 98–107.

39. Ivanov, V., Pavlenko, I., Zaloga, V., Liaposhchenko, O., Pirogov, D. Technological Features of Locating Charts in Fixture Design. Lecture Notes in Networks and Systems, 2020, 128 LNNS, стр. 66–74.

40. Ivanov, V., Dehtiarov, I., Zaloga, V., Kosov, I., Savchuk, V. Increasing Productivity of Connecting Rods Machining. Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2020, стр. 264–275.

41. МПК C21D8/00 СПОСІБ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ВАЛУ АТОМНОГО НАСОСУ ЗІ СТАЛІ 14Х17Н2 Харченко Надія Анатоліївна, Руденко Лідія Федорівна, Карінцев Іван Борисович. Дегула Андрій Іванович, Кайдаш Дмитро Віталійович, Ольховик Катерина Євгенівна, Івченко Олександр Володимирович, Жигилій Дмитро Олексійович, Панченко Віталій Олександрович, Гладишев Дмитро Петрович, Антонов Анатолій Павлович.

42. Особливості оцінки відповідності електронних засобів вимірювальної техніки / Антонов А. П. // Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали VII Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 21–24 квітня 2020 р.) – Суми: Сумський державний університет, 2020. – С. 80.

43. Міжнародні й національні стандарти у сфері управління ризиками та вимоги технічних регламентів до засобів вимірювальної техніки / Чучук Т. Є., Антонов А. П., Хлібченко В. В., Івченко О. В. // Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали VII Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 21–24 квітня 2020 р.) – Суми: Сумський державний університет, 2020. – С. 81–82.

44. Інтегрування менеджменту ризику в системи управління відповідно до вимог міжнародних стандартів / Чучук Т. Є., Гладишев Д. П., Разуєва А. Д., Івченко О. В. // Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали VII Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 21–24 квітня 2020 р.) – Суми: Сумський державний університет, 2020. – С. 83–84.

45. Дядюра К. О., Залога В. О. Залога Р. О., Підлісний В.В. Забезпечення відповідності вимогам ортопедичних виробів на основі етиленвінілацетату. Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали та програма VII

Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 21–24 квітня 2020 р.). СумДУ, С. 85 – 86.

46. Дядюра К. О., Гребеник Л. І. The neural network Decision Support System for life cycle management of engineering nanomaterials in accordance with the nanosafety norms. «Nanotechnology and nanomaterials» (Nano-2020).

47. ISO 19440:2020 Enterprise modelling and architecture — Constructs for enterprise modelling.

48. Залога Р.О. Нормативне забезпечення питань безпеки матеріалів ортопедичного призначення на основі етиленвінілацетату / Р.О Залога., К.О. Дядюра, В.О. Залога, О.О. Залога // «Technical Using of Measurement-2020»: Тези доповідей VI Всеукраїнської науково- технічної конференції молодих вчених у царині інформаційно-вимірювальних технологій та метрології, 4–7 лютого 2020 року / Відп. за випуск Володарський Є. Т. Академія метрології України. – Львів: ТзОВ «Галицька видавнича спілка», 2020. – (176 с) С. 56-57.

49. Іванов В.О. Інтенсифікація механічного оброблення деталей типу кронштейн / В.О. Іванов, В.О. Залога, В.О. Колос // Збірник наукових праць IX -ої Міжнародної науково-тсхнічної конференції «Прогресивні технології в машинобудуванні» 3-7 лютого 2020 р. – Львів – Плай, 2020, - (168 с.) С. 87 – 90.

50. Денисенко Ю. О., Царицин В.О. Актуальність дослідження процесів контролю складнопрофільних поверхонь. Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво: матеріали Дев'ятнадцятої міжнародної молодіжної науково-технічної конференції (м. Суми, 25–26 листопаду 2020 року) / редкол.: В. О. Залога, О. В. Івченко. Суми: Сумський державний університет, 2020. - С. 167-168.

51. Гаврилко В. М., Залога Р. О., Дядюра К.О., Залога В.О. До питання пошуку критеріїв вибору матеріалів на основі їхніх механічних характеристик для ортопедичних устілок (ортезів) в залежності від цілей їх практичного використання. Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво: матеріали Дев'ятнадцятої міжнародної молодіжної науково-

технічної конференції (м. Суми, 25–26 листопаду 2020 року) / редкол.: В. О. Залога, О. В. Івченко. Суми: Сумський державний університет, 2020. - С. 20 - 21

52. Дядюра К.О., Калініченко І.П. Розширення можливостей європейської стандартизації для успішності впровадження «European Green Deal». Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво: матеріали Дев'ятнадцятої міжнародної молодіжної науково-технічної конференції (м. Суми, 25–26 листопаду 2020 року) / редкол.: В. О. Залога, О. В. Івченко. Суми: Сумський державний університет, 2020. - С. 168 – 169.

53. Чучук Т. Є., Гладишев Д. П., Івченко О. В., Разуєва А. Д. Інтегрування менеджменту ризику в системи управління відповідно до вимог міжнародних стандартів. Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали та програма VII Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 21–24 квітня 2020 р.) / редкол.: О. Г. Гусак, І. В. Павленко. – Суми : Сумський державний університет, 2020. – С. 83-84

54. Чучук Т. Є., Антонов А. П., Івченко О. В., Хлібченко В. В. Міжнародні й національні стандарти у сфері управління ризиками та вимоги технічних регламентів до засобів вимірювальної техніки. Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали та програма VII Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 21–24 квітня 2020 р.) / редкол.: О. Г. Гусак, І. В. Павленко. – Суми : Сумський державний університет, 2020. – С. 81-82.

55. Залога Р.О., Підлісний В.В., Дядюра К.О., Залога В.О. Забезпечення відповідності вимогам ортопедичних виробів на основі етиленвінілацетату. Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали та програма VII Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 21–24 квітня 2020 р.) / редкол.: О. Г. Гусак, І. В. Павленко. – Суми : Сумський державний університет, 2020. – С. 85 – 86.

56. Мортеза Р. З., К вопросу о разработке систем управления качеством нефтегазовых продуктов / Раджаб Заде Мортеза, В.А.Залога // Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали науково-

технічної конференції 21-24 грудня 2020 року / За заг. ред В.Д. Ковальова. – Краматорськ: ДДМА, 2020. – (112с.) С. 71.

57. ДСТУ ISO 9004:2018 Управління якістю. Якість організації. Настанови щодо досягнення сталого успіху (ISO 9004:2018, IDT).

58. ДСТУ ISO/IEC/IEEE 15288:2016 Інженерія систем і програмного забезпечення. Процеси життєвого циклу систем (ISO/IEC/IEEE 15288:2015, IDT).

59. ДСТУ ISO/IEC/IEEE 15939:2018 Инженерия систем и программных средств. Процесс измерения (ISO/IEC/IEEE 15939:2017, IDT).

60. ДСТУ ISO 13053-1:2016 Статистический контроль. Количественные методы улучшения процесса. Шесть Сигма. Часть 1. Методология (ISO 13053-1:2011, IDT).

61. ДСТУ ISO/IEC TR 24748-2:2015 Разработка систем и программного обеспечения. Управление жизненным циклом. Часть 2. Руководство по применению ISO/IEC 15288 (Процессы жизненного цикла системы).