

УДК 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. Черноус

27.12.2019 р.

**ЗВІТ
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ**

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

Керівник НДР
зав. кафедри технології
машинобудування, верстатів та інструментів
д-р. техн. наук, професор _____

В. О. Залога
«27» грудня 2019 р.

2019

Рукопис закінчено 26 грудня 2019 р.
Результати роботи розглянуті на вченій раді СумДУ,
протокол від 26 грудня 2019 р. № 6

СПИСОК АВТОРІВ

Керівник НДР, гол. наук. співроб., д-р техн. наук	_____ 24.12.2019 р.	В. О. Залога (реферат, вступ, висновок, розділи 1, 2, 3, 4)
Відповідальний виконавець, наук. співроб., д-р техн. наук	_____ 24.12.2019 р.	К. О. Дядюра (розділ 1, 2, 3, 4, висновок)
Виконавці: Наук. співроб., канд. техн. наук	_____ 24.12.2019 р.	О. О. Залога (розділ 3)
Наук. співроб., канд. техн. наук	_____ 24.12.2019 р.	В. О. Іванов (розділи 1, 2)
Наук. співроб., канд. техн. наук	_____ 24.12.2019 р.	О. В. Івченко (розділи 1, 2)
За цивільно-правовим договором	_____ 24.12.2019 р.	Ю.О. Денисенко (розділ 3)
За цивільно-правовим договором	_____ 24.12.2019 р.	Х.В. Берладір (розділ 3)

Інженер 2к.

В.Г. Форотонюк

24.12.2019 р.

(розділ 1)

За цивільно-правовим

М. Л. Сивоконь

договором, студент

24.12.2019 р.

(розділ 1)

РЕФЕРАТ

Звіт: 118 с., 26 рис., 4 табл., 65 джерел.

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

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

	С.
Вступ.....	7
1 Теоретичне обґрунтування структури організаційно-технічних систем процесів на етапах життєвого циклу складних виробів	11
1.1 Загальне положення.....	11
1.2 Дослідження національного законодавства щодо реалізації програми енергозбереження та енергоефективності в промисловості України.....	15
1.3 Системно-інформаційний підхід щодо збирання, опрацювання й ефективного використання техніко-економічної інформації.....	17
1.4 Інтегровані системи управління в нафтовій промисловості та вимоги стандарту ISO 31000:2018.....	32
Висновок.....	35
2 Розроблення принципу декомпозиції інформаційно взаємозв'язаних типових процесів при проектуванні, виготовленні та експлуатації складних виробів.....	38
2.1 Проблеми оцінювання надійності електротехнічних виробів в умовах сучасного технічного регулювання.....	38
2.2 Методи вимірювання рівня досягнутої /досяжної енергоефективності в організації.....	40
2.3 Модель структури процесів на етапах життєвого циклу складних виробів та об'єктів військової техніки.....	43
Висновки.....	71
3 Визначення конструктивних параметрів складних виробів.....	73
3.1 Модель процесу проектування складних виробів та об'єктів військової техніки	73
3.2 Моделі прийняття рішень щодо вибору оптимальних характеристик складних організаційно-технічних підсистем на етапах життєвого циклу складних виробів	79
Висновки.....	92
4 Розробка синергетичної моделі інтеграції функціональних підсистем технологічних процесів виготовлення.....	96
4.1 Синергетичні принципи організації процесів на етапах життєвого циклу складних виробів та об'єктів військової техніки	96
4.2 Методика вибору оптимальних умов для ефективного реалізації процесів на етапах життєвого циклу складних виробів в машинобудуванні та об'єктів військової техніки	102
Висновки.....	105
ВИСНОВКИ.....	107
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	110

ВСТУП

Звіт виконувався в рамках НДР 51.20.01-19/21.ЗП-01

Проект спрямований на одержання і використання нових знань щодо прийняття оптимальних рішень при управлінні процесами життєвого циклу (ЖЦ) складних виробів (СВ) та об'єктів військової техніки (ОВТ) з урахуванням потенційних можливостей та видів діяльності підприємств, виду продукції, вимог технічних регламентів, процедур оцінки відповідності, а також критеріїв оцінки енергоефективності та впливу на навколишнє середовище.

Науковим напрямом досліджень є розробка принципів та методів формування та раціонального застосування баз даних техніко-економічної інформації на етапах ЖЦ СВ у машинобудуванні, у тому числі на підприємствах оборонного комплексу, і прийняття рішень враховуючи злагодженість взаємодії на стадіях ЖЦ СВ та ОВТ при розробленні, виробництві та використанні як відкритої системи. Самоорганізація такої системи визначає результати при задоволенні вимог. Розробка принципів побудови системи стандартів для задоволення вимог на етапах ЖЦ СВ та ОВТ, які можуть бути основним інформаційним базисом для інтегрованих систем управління якістю (ІСУЯ) дозволить удосконалити оцінювання результативності діяльності та ризики, прогнозування результатів, визначення критеріїв ефективності, фінансово-економічне обґрунтування на стадіях ЖЦ СВ.

Актуальність теми. Актуальність науково-технічних проблем на вирішення яких направлений проект полягає в підвищенні енергоефективності та екологічної безпеки процесів на всіх стадіях ЖЦ СВ, у тому числі об'єктів військової техніки. Існуюче сучасне виробниче обладнання та інформаційні CAD/CAM/CAE-, PDM-, MES- та ERP-системи потребують значних фінансових та кадрових ресурсів. Проте їх наявність не забезпечує значного скорочення часу на технічну підготовку та виробництво виробів. Дані системи орієнтовані в основному на локальну автоматизацію, формування традиційних баз даних і не гарантують досягнення надійної синхронізації та необхідної інтеграції

проектних і виробничих даних. Розроблення нових та вдосконалення існуючих науково обґрунтованих методів підтримки прийняття рішень щодо відповідності складних виробів встановленим вимогам на стадіях їх життєвого циклу базується на використанні еволюційних загальносистемних моделей, які базуються на організованості структури процесів ЖЦ СВ та ОВТ при динамічній зміні внутрішніх та зовнішніх умов середовища.

Реалізація описаних ідей та робочих гіпотез передбачає комплексну інформаційну підтримку прийняття рішень щодо раціонального застосування техніко-економічної інформації та технічних рішень при забезпеченні відповідності СВ та ОВТ на основі використання сучасних технологій, матеріалів та інструментів, а також технологій управління життєвим циклом.

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 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ПРОЦЕСІВ НА ЕТАПАХ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ СКЛАДНИХ ВИРОБІВ

1.1 Загальні положення

При розробленні концептуальних принципів спільного створення цінності виробником і споживачем продукції необхідно враховувати нову систему компетенцій щодо продукування товарів та послуг, входження споживача до програм управління бізнес-процесами виробника. У більшості, конкурентоспроможність продукції та послуг залежить від ринкового середовища [1]. Проводячи аналіз “ринкового фактора“ можна зустріти різницю між вимогами споживача та фактичними характеристиками виробу. Така різниця, частіше за все, в умовах ринку має невизначений характер. Її характеристикою є ентропія виробничої системи.

Результативне управління якістю забезпечує високий рівень відповідності вимогам запитів і очікувань споживачів. Успіхом для підприємств є повна відповідність між вимогами і характеристиками продукції та послуг будь-якого виду діяльності. Якість є одним із основних факторів конкурентоспроможності. Відповідно до стандарту ДСТУ ISO 9000-2017 [2] поняття якості визначено як «ступінь, до якого сукупність власних характеристик задовольняє вимоги (сформульовані потреба або очікування, загальнозрозумілі або обов’язкові)» .

Вирішенню питань управління якістю та конкурентоспроможністю продукції та послуг присвячені роботи Глічева О.В. [3], Демінга У.Е. [4], Джуран Д.М. [5], Доджа Х.Ф., Должанського А.М. [6], Зенкіна А.С. [7], Ісікави К. [8], Кросбі Ф.Б. [9], Момота О.І. [10], Нікіфорова А.Д. [11], Рамперсад Х.К. [12], Ромінга Г.Г., Сіттігі Дж., Тагуті Т., Тріцца Р.М. [13], Федіна С.С. [14], Фейгенбаума А., Шухарта А., Етінгеру Дж. Ван, Субетто А.І. [16], Еванса Дж.Р. [17] та багатьох інших.

Для оцінки якості необхідні відповідні кваліметричні показники [18]: призначення, надійності, технологічності, стандартизації та уніфікації, патентно-правових, транспортабельності, ергономічності, естетичності, безпеки, екологічності, економічності. Якість як відповідність сукупності характеристик формується під час наукових досліджень, конструкторських та технологічних процесів, реалізується при виготовленні, а підтверджується під час використання [19]. 11 Вимоги до продукції та послуг постійно дуже швидко змінюються, тому “якість” є динамічною категорією. Повна відповідність продукції та послуг вимогам сьогодні, завтра може стати недостатньою для задоволення потреб замовників та інших зацікавлених сторін. На прийняття оптимальних рішень при досягненні намічених цілей та пріоритетів так само, як і на ринкові позиції, значною мірою впливають політичні, економічні, науково - технічні та багато інших факторів, складність, яких залежить від їх комплексності.

Між тим існують критерії, які споживач найчастіше враховує під час вибору товару. Такі критерії повинні бути обов’язково враховані при розробленні та виготовленні.

Якщо розглядати продукцію виробничо-технічного призначення, а також ряд об’єктів військової техніки, то як правило це може бути короткостроковий випуск виробів під індивідуальні замовлення споживачів необхідними йому партіями з високим рівнем якості при невисокій вартості.

Термін морального старіння виробів, також впливає на технологію виготовлення виробів, швидко зміну їх конструкцій. Різноманітність видів виробів, частота зміни вимог споживачів, у більшості випадків є невизначеністю для розробника та виробника продукції. Це впливає при плануванні на прогнозування та формування замовлення. Цей процес, як правило, складний і безперервно змінний у часі. Внутрішнє та зовнішнє організаційне середовище постійно змінюються і є невизначеними у часі. У зв’язку з цим необхідно постійно удосконалювати та поліпшувати технології виробництва та організаційну структуру. Розвивати та шукати нетрадиційні

шляхи які будуть спрямовані на управління якістю, вартістю та в цілому конкурентоспроможністю продукції.

При індивідуальному підході до задоволення відповідності вимогам споживачів, серійність виробництва зменшується, розширюється номенклатура виробів. Для підвищення відповідності продукції, що виготовляється вимогам споживачів, необхідні нові наукові підходи щодо ефективного використання техніко-економічної інформації на етапах життєвого циклу.

При розробці та використанні науково-обґрунтованих підходів до оцінки вимог споживачів щодо , забезпечення відповідності між вимогами та фактичними показниками продукції, а також ефективного використання техніко-економічної інформації для прийняття рішень необхідно враховувати фінансово-економічний аналіз. У зв'язку з цим потрібно оцінювати наявні підходи до фінансово-економічного аналізу, що використовуються при прийнятті обґрунтованих рішень щодо запуск у виробництво нових складних виробів (СВ) та об'єктів військової техніки. Для аналізу конкурентоспроможності продукції та послуг на підприємствах часто застосовують різні підходи, зокрема, функціонально-вартісний аналіз (ФВА) [20, 21, 22, 23].

Показник для комплексної оцінки конкурентоспроможності (КС) СВ у машинобудуванні та ОВТ є функцією від цілого ряду одиничних та групових показників і визначається за формулою [24]

$$КС = f(K, Ц_{ПР}, П, Р_{ТО}, Р_P, П_P), \quad (1.1)$$

де K – заданий комплексний показник якості;

$Ц_{ПР}$ – прогнозована ціна реалізації досліджуваного виду продукції;

$П$ – потреба в досліджуваному виробі на ринку;

$Р_{ТО}$ – рівень гарантійного та сервісного обслуговування;

$Р_P$ – рівень реклами;

$П_P$ – середній обсяг продажу досліджуваного виду виробів у вартісних показниках за одиницю часу.

Для сучасних економічних викликів показник витрат на розроблення, виготовлення та використання виробів із «довідкового» [25, 26, 27], необхідного для обґрунтування використання ресурсів та виділення бюджетних коштів (стадія ескізного проектування), перетворюється на один з головних, який визначає конкурентоспроможність продукції, перспективні напрями ринків збуту, особливості реалізації та забезпечення експлуатації (стадія етапу розроблення технічної пропозиції). Оптимальне використання ресурсів на стадіях розроблення і виготовлення виробів дозволяє заощадити на даних стадіях робіт від 30 до 50%. Різного виду економічні аналізи показують, що прогноз витрат на стадіях ЖЦ виробу, який формується на ранніх етапах проекту, так само, як і фактичні розрахунки визначаються початком виконання робіт і залежать від множини складно прогнозованих, проте таких, що потребують оцінки і урахування факторів.

Одними із основних є споживчі властивості виробів та рівень сервісного обслуговування, під яким розуміють не лише можливість технічного обслуговування, але й місце, час, ресурси які можуть бути використанні.

Відповідно до ДСТУ ISO 9000: 2015 [4] продукція - це результат процесу (сукупність взаємозв'язаних або взаємодіючих робіт (операцій), що перетворює входи на виходи) (рис.1.4). Користуючись принципом відображення вимог до якості, результати роботи підприємства переносяться на вимоги до ефективності процесів та на вимоги до організаційно управлінської системи [44]. Якість виробів, послуг (результату) успадковує якість процесів і організаційно-управлінської системи, що їх реалізує [26]. Ефективність функціонування таких систем відображається на результативності складових процесів. Вплив на відповідність кінцевого результату вимогам можна реалізувати через якість процесів, що його формують (принцип відображення) [28]. Процеси на стадіях ЖЦ виробів є складовими елементами організаційних систем, у яких вони реалізуються. Як правило, вихідний результат одного процесу є вхідною інформацією для наступного.

1.2 Дослідження національного законодавства щодо реалізації програми енергозбереження та енергоефективності в промисловості України

Україна має договірну угоду про заснування Енергетичного Співтовариства. Вона взяла на себе зобов'язання щодо прийняти вже напрацьованої законодавчої бази ЄС у галузі енергетики і зв'язаних з нею сферах промисловості. Директива 2012/27/EU прийнята з метою подальшого забезпечення досягнення на 2020 рік цільового показника енергоефективності ЄС. Це створює необхідні умови для подальшого розвитку концепції та ефективності енергозбереження. Проведений аналіз структури споживання енергії в Україні, наприклад електроенергії, що наведений на рис. 1.1, показує на значне витрачання енергоресурсів промисловим комплексом, а також заходи з енергозбереження.

Одними з основних механізмів впровадження стратегії енергоефективності в Україні, у тому числі і у промисловому секторі економіки, є: регулятивні норми, нормативно-правові акти, інформаційні, соціально-економічні, адміністративно-контрольні механізми, державний контроль та нагляд [10]. Аналіз досвіду витрачання енергії в європейських країнах свідчить, що впровадження стратегії енергоефективності потребує значних змін на рівні складних організаційно-технічних систем за допомогою впровадження систем управління енергетичними процесами відповідно до стандарту ISO 50001. Прикладом є Чеська Республіка, яка реалізує енергоаудит, що є обов'язковим для проведення кожні 4 роки на підприємствах. Виключенням є випадки коли підприємства мають сертифіковану систему енергетичного або екологічного менеджменту (відповідно до стандартів ČSN EN ISO 50001, ČSN EN ISO 14001). Під проведення енерго аудиту відповідно до чеського законодавства підпадають підприємства, які не є МСП – відповідно з визначенням EC 2003/361/ES (підприємства, які мають більше 250 робітників і об'єм продукції, що випускається понад 50 млн. євро та/або суму річного балансу, яка перевищує 43 млн. євро).

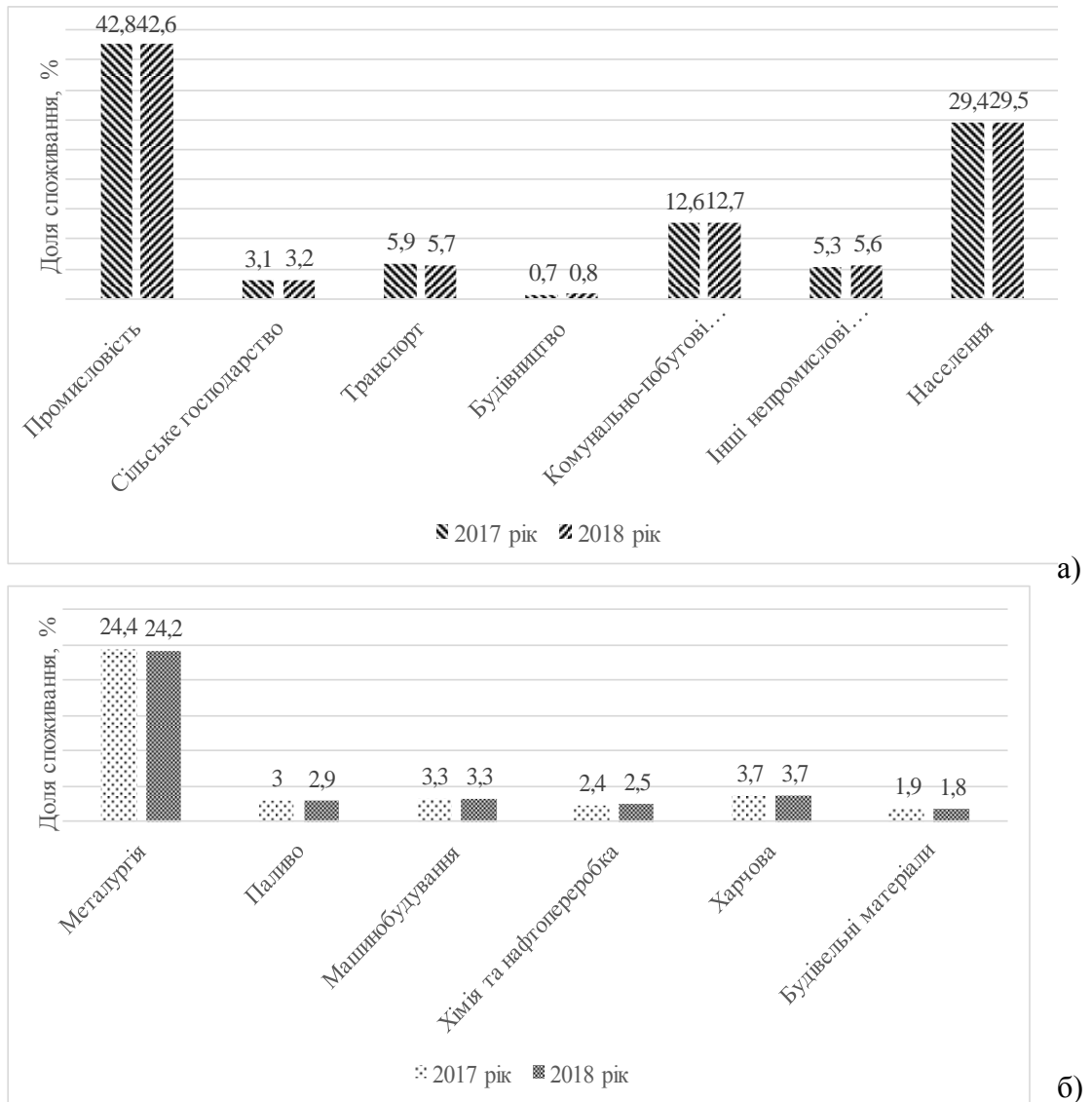


Рисунок 1.1 – Структура ринку споживання електроенергії в Україні за 2017-2018 рр.: а) аналіз ринку загальне споживання; б) аналіз ринку за категоріями промисловості

На реалізацію стратегії енергозбереження та енергоефективності в економіці України прийнятий ряд законодавчих актів. Основною яких є отримання максимально ефективного застосування природних енергетичних ресурсів та потенціалу енергетичного сектора економіки для постійного стійкого зростання економіки, покращення умов та якості життя населення України, що надасть можливості для зміцнення її зовнішньоекономічного потенціалу.

Нормативно-правова база енергоефективності включає 15 законів України та понад 150 нормативно-правових актів. На сьогодні на жаль досі не прийнято законодавство щодо реалізації програми енергозбереження та енергоефективності в промисловому секторі України. Національна економіка має високу питому енергоємність, яка знижує конкурентоспроможність вітчизняних виробів. Все це вимагає додаткових фінансових витрат на енергозабезпечення України.

Значні енерговитрати визначають збільшення обсягу викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище, а це у свою чергу збільшує витрачання невідновлюваних природних паливно-енергетичних ресурсів, особливо вуглеводнів.

У зарубіжних країнах, одним із дієвих і ефективних підходів щодо державного, корпоративного і громадського управління для зниження енергоємності промисловості є виконання стандартів енергоефективності та нанесення маркування на різні види товарів за показниками енергоспоживання (маркування енергоефективності).

Енергетична ефективність – це головна умова європейської стратегії «Європа 2020», яка направлена на створення умов для стійкого і постійного зростання та розвитку. Такий підхід дає можливість найбільш ефективно підвищувати енергетичну безпеку та скорочувати викиди парникових газів та інших забруднюючих речовин.

Данна програма Євросоюзу дає можливість до 2020 року скоротити на 20% споживання первинних енергетичних ресурсів [1].

1.3 Системно-інформаційний підхід щодо збирання, опрацювання й ефективного використання техніко-економічної інформації

При розгляді проблеми автоматизації процесу проектування, дослідження і виготовлення складних машинобудівних конструкцій плідно використовувати системний підхід [11, 12]. Змінюються в часі потреби ринку конкретизуються в необхідних технічних характеристиках виробу. Самі виробу протягом усього

циклу життя (рисунок 1.2) описуються цілим рядом параметрів (конструктивних, технологічних, експлуатаційних). При цьому сама досліджувана конструкція, що представляє собою складну багатокomпонентну багатофункціональну систему, в процесі створення вимагає проведення цілої низки досліджень для обґрунтованого вибору основних конструктивних параметрів. Аналогічні дослідження проводяться і при проектуванні і дослідженні елементів технологічної оснастки для виробництва деталей на підприємстві, а також при розробці технологічних процесів. Мова в даному випадку йде про підвищення точності виготовлення деталей, забезпечення високих технічних характеристик вироблених виробів, зниженні собівартості їх виготовлення.

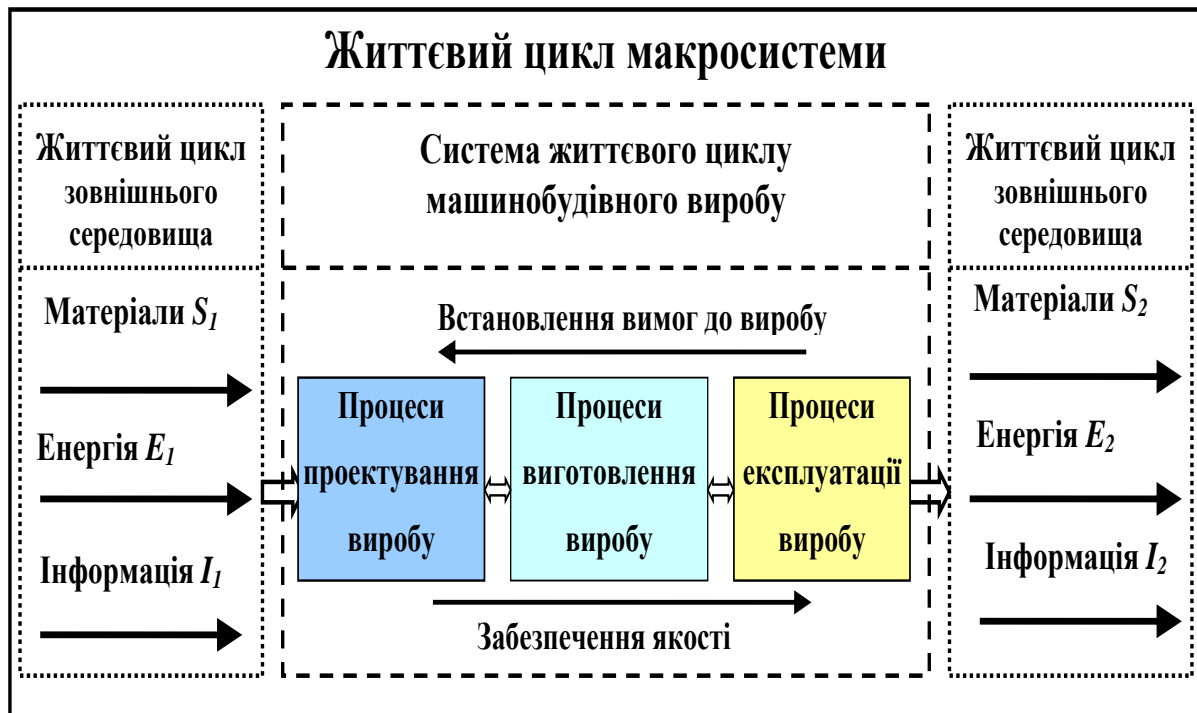


Рисунок 1.2 – Модель життєвого циклу СВ та ОВТ як відкритої системи

Комплекс взаємозв'язаних процесів зміни стану складних виробів у машинобудуванні та ОВТ в період починаючи з проведення дослідження і проектування до закінчення їх використання (експлуатації) та наступної ліквідації (утилізації) утворює повний життєвий цикл (ЖЦ), який розділений на відповідні стадії, що характеризуються етапами проведення певних видів робіт та їх кінцевими результатами [13, 14]. Як правило практично вся сукупність

одиниць продукції одного найменування і одного призначення може розглядатися в рамках етапів що належать до ЖЦ.

Складність усіх взаємозв'язків компонентів складних виробів в машинобудуванні та об'єктів військової техніки впливає на прийняття рішень при управлінні процесами на стадіях ЖЦ. Практична реалізація подібних управлінських рішень визначається економічними, енергетичними і ергатичними аспектами внутрішнього та зовнішнього середовища [25, 26].

Таким чином, процес створення нових виробів являє собою єдиний цикл взаємопов'язаних етапів. При цьому на всіх етапах проводиться інтенсивний обмін інформацією. Важливою особливістю цієї інформації є її двонаправленість і ітераційний багатокроковий характер уточнення на основі вирішення глобальних і локальних задач аналізу, синтезу, оптимізації та компромісів.

Наприклад, зміна конструкції того чи іншого вузла або деталі виробу, який проектується на будь-якому з етапів спричиняє необхідність зміни відповідного елемента технологічної оснастки, технологічних умов або технологічних режимів обробки. І навпаки, будь-які технологічні обмеження на будь-якому з етапів технологічної підготовки виробництва передбачають зміну конструкторської документації на деталі основного виробу проектування. Для оперативного забезпечення такого типу зв'язків в системах автоматизованого проектування високого рівня використовуються принципи параметричної асоціативності.

У сучасних умовах процеси проектування, конструювання, виготовлення та дослідження елементів машинобудівних конструкцій представляються сукупністю CAD / CAM / CAE / PDM - систем, інтегрованих в тій чи іншій мірі в складі єдиної системи. Для сучасних комп'ютерних систем характерне поєднання в зростаючій мірі функцій CAD, CAE, CAM, PDM - систем в інтегрованих CAD / CAE / CAM / PDM - системах з єдиною базою даних.

Практика останніх років показує, що в діяльність підприємств які спеціалізуються на проектуванні, виробництві та постачанні складних машинобудівних виробів та ОВТ для забезпечення ефективної діяльності

складних організаційних систем та їх підсистем інтегруються інформаційні технології, відомих світових розробників програмного забезпечення у галузі управління інформаційними потоками, використовуваними як при розробці конструкторської документації (CreoPro, ANSYS), формуванні електронного документообігу (Канцелярія, Context), так і в управлінні окремими проектами і підприємством у цілому (MS Outlook, xPlan, SAP, Windchill, Share Point, MS Project Server). Специфіка продукції, що випускається, масштаби підприємства, виробничих потужностей, і оточення проектів продукують ряд обмежень у виборі програмного забезпечення для реалізації поставлених цілей проекту.

Основним недоліком універсальних систем автоматизованого проектування високого рівня є неврахування специфіки конструкцій того чи іншого типу, властивостей конструкційних матеріалів для виготовлення тих чи інших виробів, технологічного оснащення підприємств тієї чи іншої галузі вітчизняного машинобудування, а також відсутність в цих системах коштів опису трудноформалізуемой спеціальної інформації. Це стосується в першу чергу до етапу технологічної підготовки виробництва (див. Рис. 2), який в силу історично сформованих причин є найменш автоматизованим етапом в процесі створення нових виробів. У зв'язку з цим розглянемо проблему на прикладі проектування технологічної оснастки.

Більшість проблем, що виникають у великих машинобудівних підприємствах на різних стадіях реалізації складних конструкторських проектів проектування можна запобігти шляхом створення на підприємстві єдиного інформаційного простору (ЄІП). Якщо підприємство використовує велику кількість різних додатків, конструкторська та проектна документація зберігається у різних місцях, існує ряд документів, які повинні бути доступними для широкого загалу, але не міститися в жодній із інформаційних систем. У такому разі доцільна організація ЄІП у вигляді корпоративного порталу з централізованим доступом і інтуїтивно зрозумілими засобами внесення інформації. У даному випадку відволікання від економічної та організаційної сторін призводить до задачі забезпечення точності в процесі

виготовлення деталей за рахунок забезпечення певних властивостей елементів технологічних систем, в першу чергу – технологічної оснастки.

У зв'язку з цим виникають наступні завдання:

1. Формування критеріїв для автоматизованого проектування елементів технологічної оснастки для виготовлення деталей сучасних виробів на підприємствах вітчизняного машинобудування.

2. Розробка технологій автоматизованого проектування, дослідження і виготовлення елементів технологічної оснастки, які дозволяють використовувати широкі можливості та інструментарій сучасних систем автоматизованого проектування високого рівня і в той же час позбавлених їх основних недоліків.

3. Розробка технології опису даних, вбудовану в існуючу на підприємствах технологію проектування.

4. Створення єдиної технології і системи автоматизованого аналізу і синтезу ЦЕ для виготовлення того чи іншого класу виробів. Деякі напрямки розробки технології автоматизованого проектування елементів складних механічних систем, в тому числі технологічного оснащення, описані в роботах [3-12]. У статті запропоновано їх подальший розвиток на основі системного підходу.

Аналіз стадій життєвого циклу складних виробів та об'єктів військової техніки дозволяє виділити наступні рівні []:

- складний виріб як об'єкт експлуатації;
- складний виріб як об'єкт виготовлення;
- складний виріб як об'єкт удосконалення.

Етап використання (експлуатації) виробу є первинним (головним для формування вимог споживачів), етап виготовлення - слід вважати вторинним за вагомістю, а етап розроблення (удосконалення) - третинний.

Ці рівні мають прямі та зворотні зв'язки між собою, що забезпечує певні потоки інформації, які є безперервними при функціонуванні в умовах експлуатації 1 виробу (технологічної системи), а також при створенні властивостей виробу на етапі проектування та виготовлення.

Такий підхід дозволяє враховувати необхідні функціональні властивості при експлуатації виробу та в процесі його виготовлення та вдосконалення.

Основою процесів ЖЦ є складні технічні системи, які, як правило, об'єднані в єдине інтегроване інформаційне середовище.

Розмірність таких систем значна. Різноманітність та складність їх елементів різноманітної природи приводить до багатоаспектного ієрархічного характеру створення характеристик СВ та ОВТ. У сучасних умовах інтенсивного розвитку штучного інтелекту управління різнонаправленими процесами використання інтегрованих інформаційних систем базується на виділенні й незалежному дослідженні фаз організаційних підсистем у рамках відповідних етапів ЖЦ. Такий підхід приводить до направленої оцінки технічної та економічної ефективності споживання всіх видів ресурсів.

Потреба в ефективному опрацюванні та застосуванні техніко-економічної інформації на стадіях ЖЦ СВ та ОВТ викликає необхідність для аналізу та синтезу моделей підтримки прийняття рішень.

Забезпечення їх якості при розробленні та функціонуванні пов'язано із створенням оптимальних умов використання матеріальних, енергетичних й інформаційних ресурсів складних нелінійних динамічних системи.

У сучасних умовах підвищення ефективності машинобудівного підприємства, що виготовляє складні вироби виробничо-технічного призначення поряд з застосуванням нових конструкторсько-технологічних рішень, потребує створення інтегрованої інструментальної системи, яка відповідає всім необхідним вимогам якості, вибором оптимальних характеристик як при розробленні та виготовленні інструментів безпосередньо на самому підприємстві (якщо на даному виробництві є можливість), так і розробкою надійних критеріїв для оцінки рівня працездатності покупних інструментів та ступеня забезпечення ними високотехнологічних експлуатаційних параметрів при механічній обробці в умовах конкретного виробництва.

1.4 Особливості впровадження інтегрованих систем управління

Система управління якістю за вимогами стандарту ISO 9001 та система управління навколишнім середовищем за вимогами стандарту ISO 14001, система управління гігієною та безпекою праці відповідно до стандарту ISO 45001:2018 впроваджені на багатьох підприємствах України, які вже мають сертифікати.

Як правило, коли підприємство сертифіковано за вимогами декількох систем управління, то впроваджують єдину інтегровану систему управління, яка враховує вимоги всіх стандартів.

Розроблення єдиних інтегрованих систем управління якістю базується на одних принципах:

- для врахування взаємозв'язків між елементами систем застосовується модель, яка ґрунтується на циклі PDCA «плануй – роби – перевіряй – впроваджуй»;

- використовується однакова термінологія стандартів, що встановлює єдині вимоги до різних систем управління;

- єдина структура систем управління.

Наприклад, назви розділів в стандарті ISO 14001:2015, який описує вимоги до системи управління навколишнім середовищем і в стандарті OHSAS 18001 (ISO 45001:2018), що встановлює вимоги до системи управління професійною безпекою та здоров'ям, гармонізовані зі стандартом ISO 9001:2015 [1–3]. В цих нормативних документах збігається формулювання значної кількості вимог. Експерти оцінюють це на рівні – 75 – 80%.

Вивчено результати останніх досліджень та проведено аналіз сучасних публікацій з цих питань. При спільному впровадженні стандартів на системи менеджменту, розроблених ISO, процес створення інтегрованої системи управління істотно полегшується тим, що всі ці стандарти розробляються з використанням єдиних підходів [4-6], в загальній, якщо можна так сказати, економічній ситуації і з використанням єдиної політики технічного регулювання. Все це дозволяє провести об'єднання вимог різних систем

управління в єдиній, інтегрованій системі управління. Однак в наявних наукових розробках і методичних матеріалах не розглядаються питання одночасного впровадження вимог стандартів, розроблених в різних країнах, і, отже, в різних економічних і соціальних умовах, і які мають специфічні національні відмінності. Ще скрутнішою ситуація стає в разі, коли одна система стандартів уже впроваджена в організації і успішно функціонує і настає момент, коли споживач вимагає від свого постачальника впровадження системи менеджменту якості за галузевим міжнародним стандартом (наприклад, ISO/TS 22163:2017 [7]).

У роботі проводяться дослідження для розробки методології опису процесів, розглядаючи кінцевий продукт виробництва як складну технічну систему (СТС), що сприятиме успішному впровадженню та функціонуванню інтегрованої системи менеджменту. Результатом такого дослідження є створення і впровадження інформаційної системи управління, супроводу та забезпечення проектів розробки конструкторської документації, який може бути реалізовано у вигляді корпоративного порталу та опису функцій проектного офісу, що підтримує працездатність отриманої системи і її інформаційні потоки.

До СТС в загальному випадку можуть входити три різномірних компонента [2]: – комплекс технічних засобів (КТЗ), програмне забезпечення (ПЗ) і оперативний персонал (ОП) як показано на рис. 1.3.

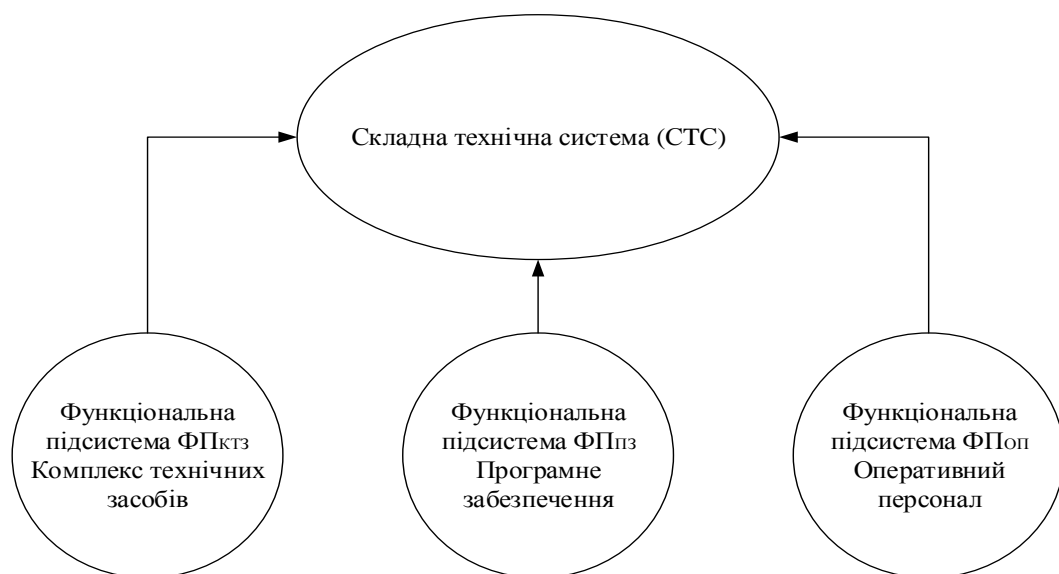


Рисунок 1.3 – Склад СТС: функціональні підсистеми

Процеси проектування, виготовлення та експлуатації СВ та ОВТ, об'єднує спільність, яка складається з документованої інформації, технічних та програмних засобів, а також персоналу, які взаємодіють між собою як єдина система що обмінюється за допомогою інформаційних, енергетичних і матеріальних потоків [2]. Наприклад, складові СТС компресорного обладнання наведені на рис. 1.4.

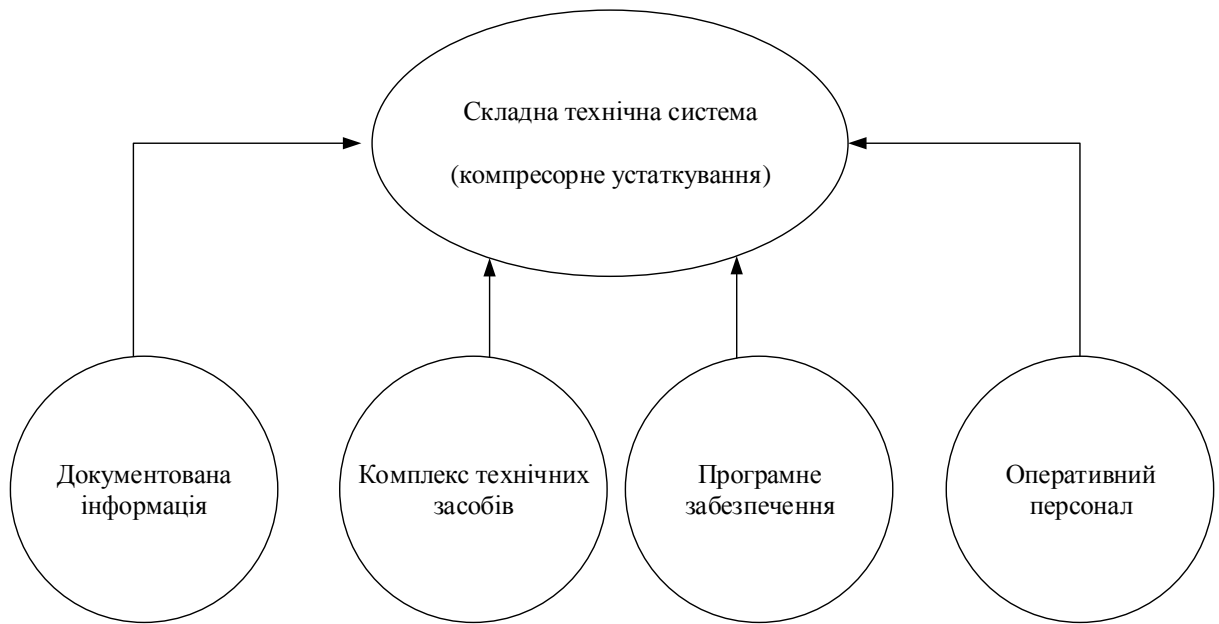


Рисунок 1.4 – Компоненти СТС компресорне обладнання

Елементи функціональних підсистем СТС відповідають певним законодавчим та нормативним вимогам. Ієрархія таких вимог представлена на рис. 1.5.

Забезпечення відповідності складу та характеристик СТС (наприклад, компресорного обладнання) необхідним вимогам залежить від елементного складу та характеристик функціональних систем на кожному етапі ЖЦ, що виконується за допомогою визначення і моніторингу ключових показників діяльності КРІ (Key Performance Indicator) процесів проектування, виготовлення та експлуатації. Визначати показники КРІ зручно по відношенню до процесу, який зображено в нотації IDEF0 (рис. 1.6), де на рисунку наведені входи, виходи, управління (правила виконання процесу) і механізми (обладнання, персонал).

Нові вимоги до ефективності та якості реалізації складних конструкторських проектів ініціювало рішення створити ЄП, що стало першим кроком до впровадження корпоративної інформаційної системи управління і призвело до реалізації перших етапів переходу до управління проектного типу:

1. Створення шаблонів проектної документації (Статут проекту, Карта аналізу ризиків проекту, Журнал оцінки проектних ризиків, Матриця відповідальності, Структура продукту).

2. Створення та моніторинг план-графіків реалізації проектів, що включають:

2.1 стандартизацію планів, які адаптуються до застосування програмного забезпечення (ПЗ);

2.2 декомпозицію робіт (WBS) по створенню конструкторської документації;

2.3 розподіл робіт з урахуванням доступності ресурсів;

2.4 узгодження конструкторських робіт із закупівлею матеріалів і передачею у виробництво;

2.5 оновлення статусу завдань у реальному часі;

2.6 своєчасне коректування термінів робіт;

2.7 розміщення внутрішніх документів проекту;

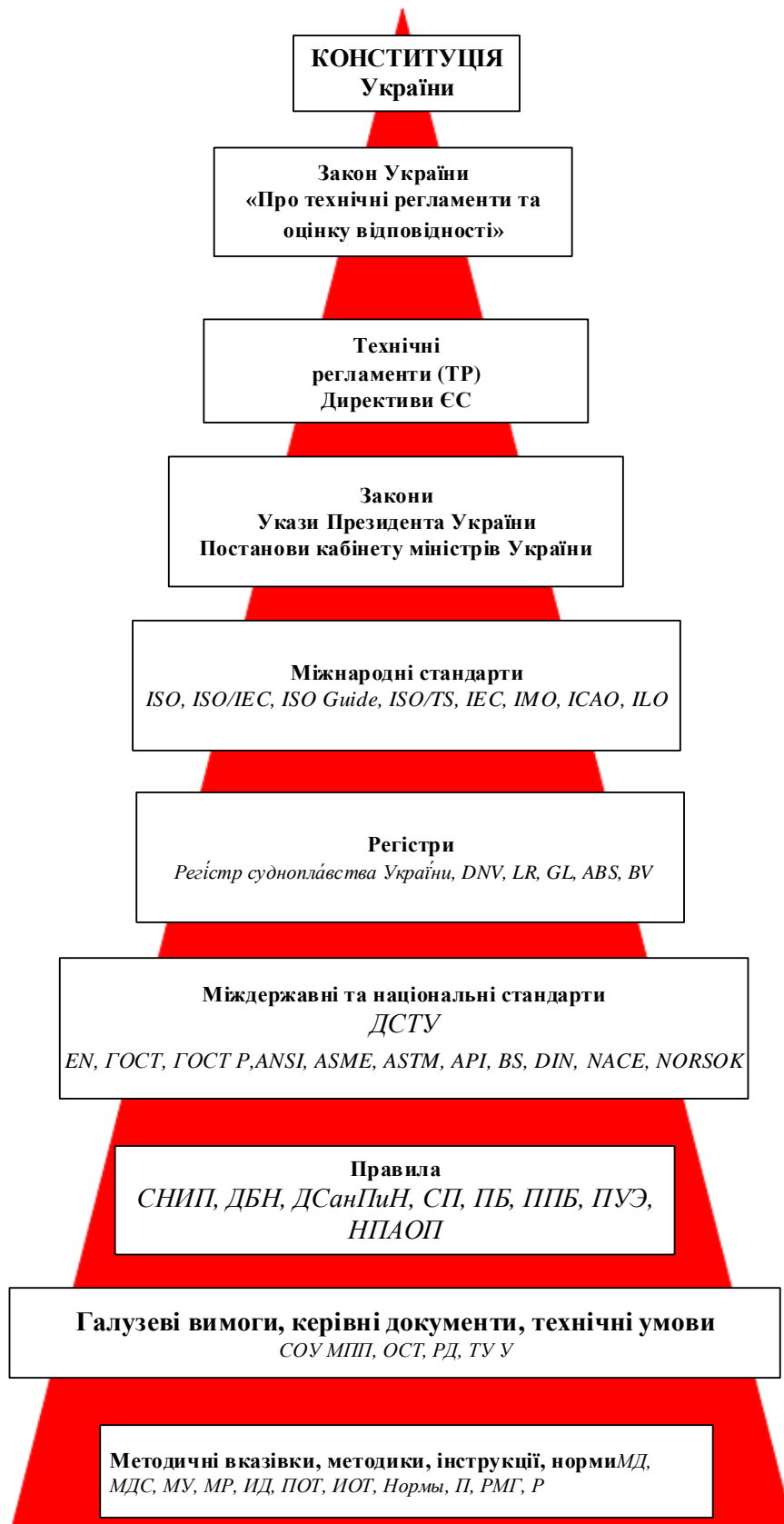


Рисунок 1.5 – Ієрархія нормативно-технічних документів в області стандартизації з пріоритетності їх застосування в Україні

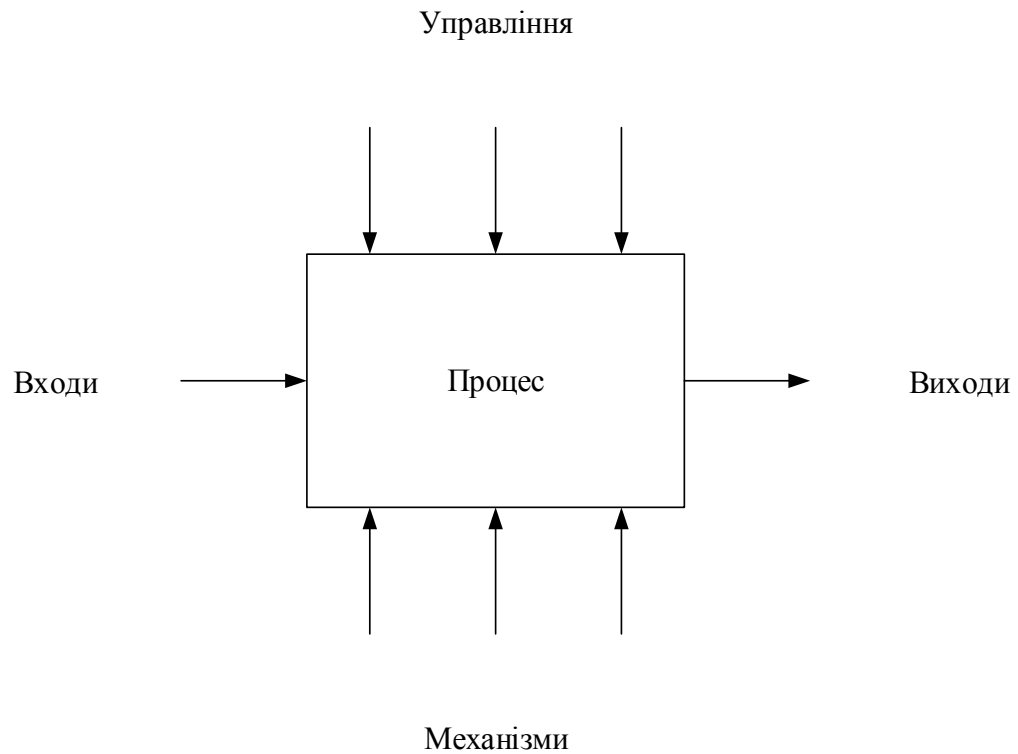


Рисунок 1.6 – Структура процесу в інтерпретації IDEF0

3. Створення сайтів для кожного проекту, що містять формалізований набір сторінок:

3.1 загальна інформація про цілі та зміст проекту, ключових моментів проекту;

3.2 внутрішні та зовнішні документи проекту (які пов'язані з план-графіком результатів окремих конструкторських завдань, так і чорнові напрацювання);

3.3 питання;

3.4 оперативні (додаткові завдання не входять в план-графік);

3.5 які потребують вирішення (завдання, що вимагають організаційних або технологічних рішень);

3.6 опис ризиків проекту;

3.7 контакти проекту (зовнішні контакти з замовником або субпідрядниками);

3.8 матриця відповідальності (по вузлах продукту або етапам проекту);

3.9 структура продукту, отримана шляхом його декомпозиції;

3.10 прийняті внутрішні і зовнішні рішення (організаційні чи технологічні);

3.11 обговорення (винесені на форум).

4.1 створення штату співробітників, що підтримують працездатність інформаційної системи (настройка і створення сайтів, розробка інтернет-сторінок в рамках конкретних виробничих завдань, моніторинг проектів, допомога учасникам проектів при внесенні інформації до відповідних розділів);

4.2 навчання учасників проекту роботі з відповідним ПЗ;

4.3 інформаційне забезпечення процесів планування і методична допомога керівникам проектів у складанні і організації проектної документації.

Структура алгоритму впровадження показників в процес наступна:

1. Аналіз та ідентифікація процесу і його результату.

2. Визначання входів – ресурсів (ресурси, які перетворюються на протязі одного циклу процесу) і входів-механізмів (ресурси, які застосовують для багаторазового виконання процесу – програми, обладнання, персонал).

3. Встановлення входів – управління (правила та вимоги до функціонування процесу)

4. Коли відомий результат, який повинен бути одержаний, потрібно провести аналіз та оцінку його кількісно – визначитись з показниками результату. Показники можуть бути як простими, так і розраховуються (за формулою або іншим способом).

5. Знаючи інформацію про входи процесу можна визначити витрати ресурсів.

6. Базуючись на інформації про показники, структуру та склад механізмів процесу можуть бути сформовані додаткові показники витрат.

7. Послідовність та правильність процесу, що виконується, за винятком показників витрат на проходження діяльності, висвітлюють також показники виконання функцій.

8. Показники продуктивності визначають на основі співвідношення отриманого результату в часі. Процес в цілому за таким алгоритмом можна

визначити за допомогою ключових показників ефективності та результативності, які є похідними (рис. 1.9).

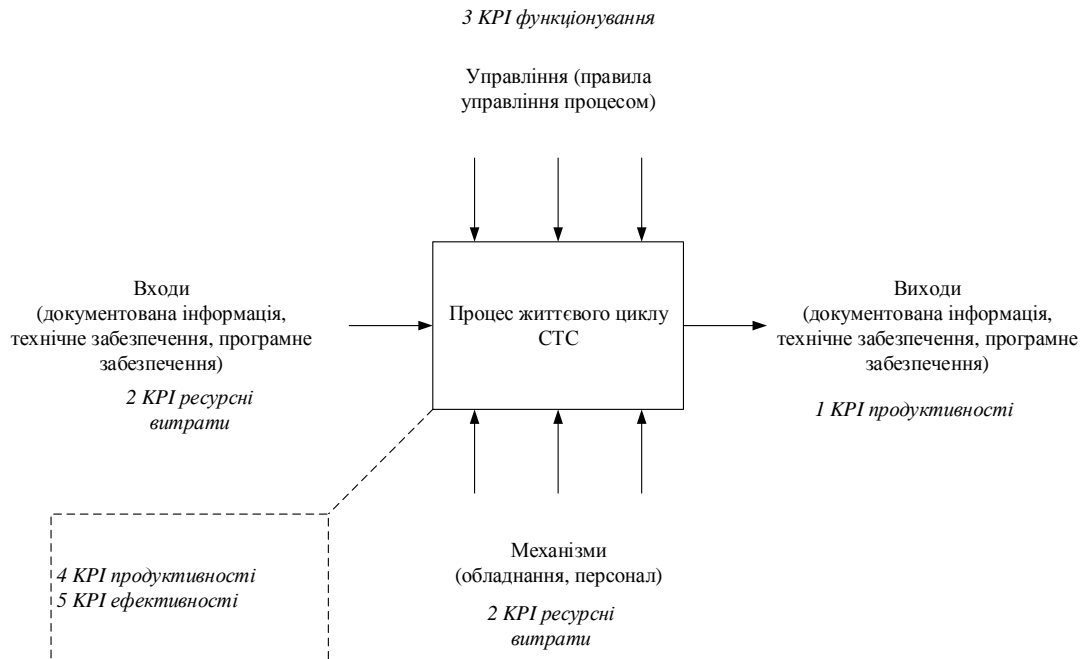


Рисунок 1.7 – Показники КРІ

Попередньо визначені КРІ результативності та витрат дозволяють розрахувати ключові показники ефективності.

Інтегральними характеристиками діяльності є показники ефективності.

Наведені на рис. 1.7 складові компоненти визначають ефективність та результативність функціонування життєвого циклу в тісному взаємозв'язку процесів один з одним, що виражається в можливостях здійснювати за вхідними та вихідними показниками корегування функціонування кожного процесу. Між компонентами функціональних підсистем процесів ЖЦ діє просторово-часові відносини, які проходять у певних процесах.

Проаналізуємо процеси, які існують на машинобудівному підприємстві. Процеси, що пов'язані з організацією розділяють на головні, які направлені на забезпечення, процеси управління та процеси, які спрямовані на розвитку. Їх визначення наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Авторська класифікація процесів

Типи процесів на машинобудівному підприємстві	Визначення процесів	Процеси направлені на організацію діяльності підприємства
Основні процеси (виробничі, організаційні, управлінські, контролюючі)	<ul style="list-style-type: none"> – Процеси, які направлені на створення продукції, яка має практичну цінність для зовнішнього споживача. – Процеси, які направлені на створення доданої цінності продукції або послуги. 	Продажі Проектування та розроблення Технічне сервісне обслуговування Постачання Виробництво
Процеси, які забезпечують інші процеси ресурсами	<ul style="list-style-type: none"> – Процеси, споживачами яких є основні процеси. – Процеси, які створюють і підтримують інфраструктуру організації. 	Фінансово-економічний аналіз та менеджмент; Управління персоналом (людськими ресурсами); Управління технічним забезпеченням; Юридичне забезпечення; Управління безпекою ведення бізнесу; Управління документацією (базами даних, інформацією); Управління знаннями персоналу (підготовка, перепідготовка кадрів); управління комунікаціями між внутрішнім та зовнішнім середовищем; Управління логістикою поставок матеріалів, енергетичних ресурсів, реалізація продукції; Інтегроване інформаційне забезпечення
Процеси управління організаційно-технічними системами	<ul style="list-style-type: none"> – Процеси, які направлені на управління діяльністю організації. – Процеси, які направлені на забезпечення функціонування та розвиток організації, здійснюють 	Управління пов'язане з стратегічними цілями та задачами організації; Управління відповідністю бізнес-процесів викликам зовнішнього

	регулювання її поточної діяльності.	середовища та відповідних стекхолдерів; Управління ризиками діяльності організації
Процеси (проекти та програми) розвитку організації	– Нерегулярні і інноваційні види діяльності по вдосконаленню і розвитку організації. – Види діяльності, орієнтовані на цілі довгострокової перспективи.	Управління процесів

Якщо проводити аналіз кожного процес окремо, то необхідно описувати взаємопов'язані компоненти функціональних підсистем СТС з урахуванням показників єдиної системи діяльності.

Взагалі можна поліпшувати процеси, удосконалювати функціонування інтегрованої системи управління організації на основі вимірювання показників.

1.4 Інтегровані системи управління в нафтовій промисловості та вимоги стандарту ISO 31000:2018

Головним стандартом з системи управління якістю у нафтовій промисловості - є специфікація Американського нафтового інституту (далі - АНІ) Q1 «Специфікація з вимог системи менеджменту якості для виробничих організацій нафтовій та газовий промисловості» .

Цей нормативний документ включає додаткові розширенні вимоги у порівнянні з основним стандартом ISO 9001 «Системи менеджменту якості. Вимоги» .

А саме: менеджмент змін, вимоги до постачальників, до процесів, які вимагають валідації.

На даний момент, основне місце також займають стандарти ISO 45001 «Системи менеджменту якості охорони здоров'я та безпеки труда. Вимоги та рекомендації з використання», ISO 14001 «Системи екологічного менеджменту. Вимоги та рекомендації по використанню», ISO 27001 «Інформаційні

технології - Методи безпеки. Системи управління інформаційною безпекою. Вимоги», ISO 50001 «Системи енергоменеджменту. Вимоги з керівництвом для використання» .

Вимоги до ідентифікації, аналізу оцінки та керування ризиками об'єднує всі ці стандарти. Основним стає знання при управлінні процесами, яке базується на оцінці ризиків.

Під час оцінювання ризиків головний акцент робиться на поставку продукції та якість продукції, наприклад, в специфікації АНІ Q1 наведено: «...Оцінка ризику, пов'язана з поставкою продукції повинна включати:

а) наявність робочих площ / обладнання та їх обслуговування;

б) діяльність постачальника та наявність/поставку матеріалу...»;

«...Оцінка ризику, пов'язана з якістю продукції повинна включати: а) поставку невідповідної продукції; б) наявність компетентного персоналу...» .

У той же час ризик не є об'єктом управління, оскільки не є об'єктом, а розглядається як міра небезпеки об'єкту.

Ризик не може мати результатів діяльності. Таким чином, управляти ризиком як об'єктом неможливо.

Управляти можливо лише самим об'єктом, а не його параметрами і ознаками. Наприклад, як не можливо управляти, відмовою (мірою погіршення властивостей об'єкта) або масою (мірою інертності). Краще використовувати термін «управління процесом забезпечення безпеки».

Також, коректніше у відповідному контексті застосовувати термін «ризик-менеджмент», який характеризує управління діяльністю розглядаючи концепції ризику, які є прийнятними.

В якості ризик-менеджменту розглядається комплекс методів, який забезпечує в організації сталий розвиток та унеможливлено непередбачених втрат і збитків. Число таких заходів включає аналіз та виявлення ризиків, зміну рівня ризику та підключення фінансових заходів для врахування збитків.

Також необхідно підкреслити, що організація управління процесами безпеки обов'язково повинна бути фінансово ефективною.

Не допустимо, щоб економічні витрати на зниження ризику перевищували збитки, які можуть з'явитися, при подіях, які є несприятливими. Рівень ризику повинен весь час регулюватися.

Сьогодні вже існує розуміння, що ризик встановлюють як «вплив невідомих факторів та обставин на цілі та задачі». Увага зосереджується на недостатній інформації при прийнятті рішень в управлінні організаціями.

Такий підхід потребує змін в традиційному розумінні поняття ризик.

Це весь час заставляє організації пристосовуватися до управління ризиками виходячи з їх потреб та цілей.

Стандарт ISO 31000 містить інформацію про управління ризиками та направлений на підтримку всіх видів діяльності, у тому числі прийняття рішень на всіх рівнях організації.

Ефективність та послідовність управління та контролю у всіх областях діяльності організацій повинна враховувати принципи ISO 31000, а також пов'язані з ними процеси, які повинні бути інтегровані в загальну систему управління якістю.

Дані механізми враховують стратегію планування, інформаційні технології управління, організаційну структуру, кваліфікацію кадрів, корпоративну культуру, відповідність вимогам, якість, здоров'я і безпеку, постійний розвиток бізнесу, кризове управління та безпеку.

Остання версія стандарту ISO 31000 встановлює підхід щодо стратегії управління та більше акцентує увагу на залученні вищого керівництва.

Розглядаються принципи інтеграції системи управління ризиками в загальну систему управління організації.

Приведені рекомендації що дозволяють розробити заяву та політику організації, яка підтверджує її прихильність щодо управління ризиками, розподілу повноважень та їх закріплення, прихильність відповідальності та ведення звітності на відповідних структурних рівнях організації і забезпечення включення підходів щодо визначення необхідних ресурсів для управління ризиками.

Така версія стандарту наводить рекомендації, для управління ризиками, які є безпосередньою частиною структури організації, бізнес-процесів, стратегічних та поточних цілей.

У стандарті відображено модель складних відкритих систем менеджменту, які постійно обмінюються як з внутрішнім так і зовнішнім середовищем інформацією яка відповідає широкому колу потреб і очікувань зацікавлених сторін.

Питання управління остаточною ризиком є одним з головних чинників, яке підлягає вирішенню управлінню, відповідно до вимог стандарту ISO 31000 версії 2018 року. Остаточний ризик, як правило залишається мір, що приймаються для зменшення ризиків.

Як правило в організаціях при управлінні ризиками відповідно до вимог стандарту ISO 31000 приймається рішення щодо допустимого ризику, який може бути визнаний як остаточною та мір з його зменшення.

На даний час не запропоновано методів, які б були універсальними щодо оцінки та управління зменшення остаточною ризику. Методи, що існують для зменшення рівня ризику потребують проходження верифікації. Це дасть можливість оцінити можливість застосування цих методів на практиці, а не тільки як документовану інформацію.

Висновки

Значні нелінійні коливання зміни вимог споживачів та інших зацікавлених сторін сприяють перебудові системи процесів послідовного формування характеристик складних виробів. Це підтверджується ймовірним характером зв'язків між процесами, можливістю статистичних відхилень їх результатів. Інформація про організованість структур процесів відіграє основну роль при забезпечення якості складних виробів у інтервалі починаючи з наукового обґрунтування їх проектування та закінчуючи етапом експлуатації та утилізації.

На даний час наукові підходи, які б базувалися на застосуванні загальносистемних еволюційних моделей для розроблення відповідного нормативно-методичного забезпечення відсутні.

Повинні бути застосовані принципи, які б враховували самоорганізацію структури процесів на стадіях життєвого циклу складних виробів у машинобудуванні та ОВТ з урахуванням зміни їх динамічного зовнішнього середовища. Такі зміни, як правило, можуть призводити до великих втрат і витрат інформаційних, матеріальних та енергетичних ресурсів для відповідності вимогам споживачів та стейкхолдерів. Це потребує розроблення феноменологічної інформаційної моделі самоузгодженої взаємодії процесів для забезпечення відповідності складних виробів встановленим вимогам у відповідності до синергетичного принципу підпорядкованості.

Відсутність загальноновизнаних науково-обґрунтованих підходів та нормативних положень інформаційної підтримки організації процесів на стадіях життєвого циклу складних виробів робить неефективним взаємодію і при аналізі, опрацюванні та обміну даними техніко-економічної інформації між численними учасниками процесів на стадіях ЖЦ, які можуть бути задіяні для виконання різних функцій і перебувати у територіально у різних місцях. Це потребує подальшого розвитку методів опрацювання й використання техніко-економічної інформації при проектуванні складних виробів на основі структурно-параметричних моделей, які враховують можливості процесів виготовлення та експлуатації з урахування взаємозалежності забезпечення відповідності встановленим вимогам і використання ресурсів.

Застосування методів діагностики та прогнозування параметрів процесів ЖЦ і характеристик складних виробів може бути ефективним способом забезпечення отримання достовірної інформації для прийняття обґрунтованих рішень щодо відповідності вимогам. Проведення процедури прогнозування поточного технічного стану СВ та ОВТ, при застосуванні інформації, що отримана у результаті опрацювання даних систем контролю, забезпечує раціональне планування для проведення сервісних регламентних робіт. Прогноз дає можливість точно провести ремонт та заміну техніки, що відмовила,

уточнити обсяги та терміни проведення наступних процедур контролю об'єктів, а також спланувати застосування технічних систем у різних умовах роботи тощо. Забезпечення технічної та організаційної єдності на стадіях життєвого циклу складаних виробів та підвищення відповідальності виконавців робіт потребує розроблення відповідних практичних рекомендацій до нормативно-методичної документації та навчального процесу відповідних спеціалістів. В процесі реалізації процесів під впливом внутрішніх і зовнішніх факторів відбувається поступове і безперервне (еволюційний) зміна структури процесів. Надалі організаційно-технічні системи процесів на стадіях ЖЦ СВ та ОВТ планується досліджувати в декількох напрямках:

аналіз, оцінка складних організаційно-технічних систем процесів як сукупності взаємодіючих підсистем різного структурно ієрархічного рівня. Розробка завдань для кожного рівня ієрархії, проведення їх оптимізації з відповідним обміном та аналізом інформації у часі та за рівнями. Реалізація ієрархічного підходу; використання спеціальних принципів, підходів та методів для управління невизначеністю інформації, встановлення фактів та прийняття обґрунтованих рішень; використання підходів теорії ігор, що включають правила з протилежними інтересами стейкхолдерів та прийняття обґрунтованих колективних рішень; розробка та використання методів на основі підходів багатокритеріальної оптимізації, а також адаптованих залежно від ситуації методів експертних оцінок і т.д.

2 РОЗРОБЛЕННЯ ПРИНЦИПУ ДЕКОМПОЗИЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНО ВЗАЄМОЗВ'ЯЗАНИХ ТИПОВИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ, ВИГОТОВЛЕННІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ СКЛАДНИХ ВИРОБІВ

2.1 Оцінювання показників надійності електротехнічних складних виробів в сучасних умовах технічного регулювання

Проведення аналізу та розрахунку показників надійності складних виробів та ОВТ на стадіях науково-дослідних робіт дозволяє сформулювати технічні пропозиції для дослідно-конструкторських робіт (при розробленні ескізних та технічних проектів, а також робочої конструкторської документації).

При обмеженому обсягу інформації про випробування необхідне залучення апріорної інформації про показники надійності конструктивних елементів СВ та ОВТ, яка базується на результатах випробувань на безвідмовність, довговічність та збережуваність конструктивно-технологічних аналогів.

Національний стандарт ДСТУ 2992-95 поширюється на складні вироби електронної техніки, які є невідновлювальними. Серед них: інтегровані мікросхеми, резистори, напівпровідникові прилади (транзистори біполярні та уніполярні, діоди різних типів), конденсатори. Цей стандарт встановлює методи розрахунку надійності. При проведенні розрахунків показників надійності інтегральних мікросхем прогнозується, що відмова елемента буде спричиняти відмову всієї інтегральної мікросхеми. Під час розрахунків проводиться аналіз показників надійності окремих компонентів та елементів мікросхем, таких як корпус, конструкція з'єднання кристалу з основою корпусу, конструкція дротового з'єднання, з'єднання між елементами, окремі елементи кристалу, інші елементи та компоненти.

Згідно вимог стандарту ДСТУ 2992-95 показник інтенсивності відмов мікросхем розраховується відповідно до формули:

$$\lambda = K_n (\lambda_1 + \lambda_2), \quad (2.1)$$

де λ , λ_1 , λ_2 – показник інтенсивності відмов мікросхем, 1/год; показник інтенсивності відмов конструктивних елементів (дротяних з'єднань, корпусу, тощо), 1 / год; показник інтенсивності відмов окремих елементів схеми (елементи кристала та з'єднань елементів, тощо), 1 / год;

K_p – коефіцієнт виду приймання, який відноситься до системи випробувань, стосовно відбракування та відповідає за корегування довідкових даних щодо показника безвідмовності з урахуванням рівня відповідності виробництва вимогам щодо використовуваних елементів (компонентів).

Процес корегування може здійснюватися відносно того рівня, для якого наведені довідкова інформація щодо показника інтенсивності відмов елементу. Залежно від того наскільки виробництво відповідає вимогам, характеристики відпрацьованості технологічної системи при бракувальних випробуваннях та наявності електротермотренування (ЕТТ) можна виділити відповідні групи напівпровідникових приладів (НП), які наведені на рис. 2.1.

З 2016 року в Україні вимоги щодо постанови Кабінету Міністрів за № 95 «Про затвердження модулів оцінки відповідності, які використовуються для розроблення процедур оцінки відповідності, та правил використання модулів відповідності», яка адаптована до Директив ЄС.

Різні процедури оцінки відповідності хоча і є юридично рівноцінними, але не є однаковими за технічними методами. При їх застосуванні забезпечується високий рівень впевненості відносно того, що стосується відповідності продукції відповідним вимогам. Розроблено вісім модулів (літери від А до Н). Такий метод направлений не тільки на зменшення значних витрат, але також ефективніший за традиційної експертизи відповідності продукції правовим вимогам. Якщо тип затверджений (таке проводиться лише один раз для конкретного зразка), то все інше, що перевіряється у продукції, яка планується вводитися в обіг повинно бути відповідним затвердженому типові.

Можна зробити висновок, що на даний момент немає зв'язку між класифікацією груп виробів, яка розроблена при системі сертифікації

УкрСЕПРО (скасована в Україні з 2018 р.) та адаптованими до директив ЄС сучасними модулями оцінки відповідності.

Сьогодні існує проблема відповідності вимог нормативних документів, що використовуються для проведення оцінювання електротехнічних виробів з точки зору їх надійності до умов сучасного рівня технічного регулювання.

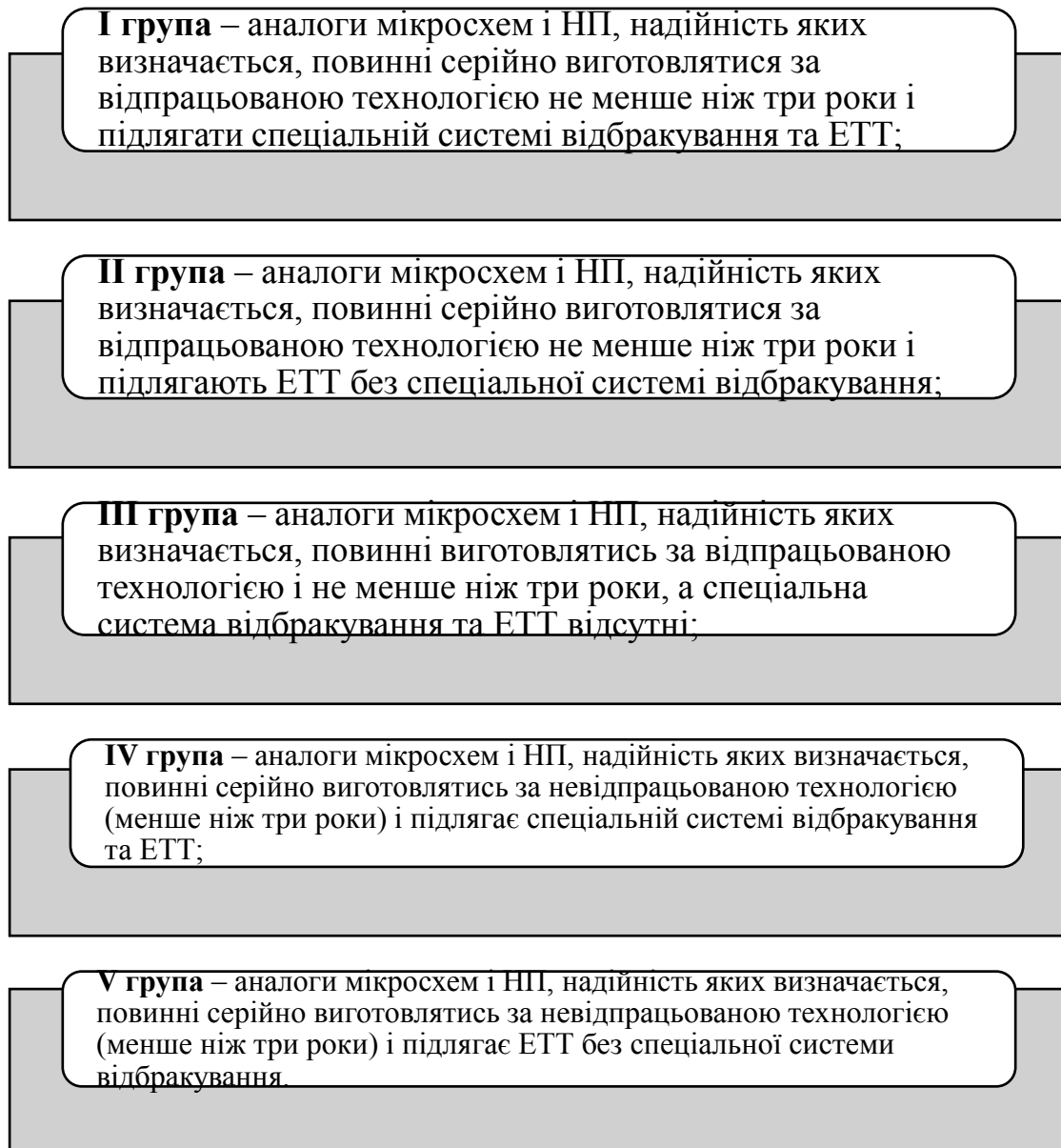


Рисунок 2.1 – Відповідно до ДСТУ 2992-95 наведені групи ЕТТ та НП

2.2 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/одиночку продукції), пікової потужності (наприклад, кВт), відсоткової зміни в ефективності або безрозмірними величинами тощо [1]. 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 [2]. Показники енергоефективності, порівнювані в різний час, дають організації змогу визначати, чи змінився рівень досягнутої / досяжної енергоефективності та чи відповідає це поставленим завданням [1].

Види показників енергетичної ефективності можливо класифікувати наступним чином:

а) вимірне значення енергії – вимірювання споживання всієї ділянки або одного чи більше використань енергії за допомогою лічильника (якщо цілком є абсолютна економія енергії, в таких випадках базовий рівень енергоспоживання повинен бути скоригованим, щоб обчислити економію енергії за еквівалентних умов);

б) співвідношення вимірних значень – рівняння енергоефективності (якщо підприємства використовують у роботі багато об'єктів подібної 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:

$$\text{Енергоспоживання} = A + B \cdot \text{Продукт} A + C \cdot T, \quad (2.2)$$

де A – фіксоване енергоспоживання, кВт·год;

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

$\text{Продукт} A$ – обсяг випуску продукту A (одиниць на місяць);

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

В той же час відношення (2.2) має пройти статистичні тести за критеріями оцінки якості лінійної моделі, наприклад, визначення коефіцієнта детермінації R^2 , коефіцієнта варіацій CV та F -тест [3].

Таким чином, якщо відношення (1) 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.

2.3 Модель структури процесів на етапах життєвого циклу складних виробів та об'єктів військової техніки

Комплексом технічних засобів називають сукупність технічних пристроїв, які взаємодіють між собою при виконання певних виробничих функцій. Класифікація КТЗ проводиться відповідно до напрямку застосування: універсальний, спеціалізований, багатофункціональний.

До програмного забезпечення відноситься сукупність професійних програм (засоби програмні), що використовують разом з іншими засобами у складі всієї системи при здійсненні процесів функціонування.

Існує розділення елементів ПЗ (засоби, програми) на групи залежно від їх ознак належності до виконання різних функцій. Таким чином утворені різні функціональні підсистеми ПЗ (ФППЗ). Функцією ПЗ називають технічне управління засобами (обчислювальними) системи. Вони мають різні рівні вимог. Функціональні виробничі підсистеми ФППЗ мають різну професійну значущість для потенціалу системи та функціонування її в цілому і характеризуються відповідно. При виконанні декількох функцій застосовуються багатофункціональні системи ПЗ.

Не всі програми (програмні засоби), які у складі ПЗ застосовуються для реалізації певної однієї функції. Оперативний персонал включає певну категорію працівників, які задіяні для обслуговування при експлуатації обладнання та виконання певних оперативних функцій управління. Виконання необхідної, наперед відомої процедури (послідовності операцій) за певних

умов, що виникають при заданій ситуації вважається основним завданням ОП при розгляді процесів функціонування системи.

Під час виконання необхідної процедури можуть бути задіяні один або декілька операторів. Відповідність вимогам (вимоги точності, швидкості, послідовності виконання операції тощо) виконання заданої процедури залежить від ОП. Певні порушення виконання своїх функцій ОП вважаються невідповідністю вимогам при виконанні заданої процедури, а також проявляються при невиконанні певних вимог до якості процесу та продукції.

Наведені три компоненти, що можуть впливати на результат системи та його ефективність, розглядаються не ізольовано, а в разом. Встановлюють взаємозв'язки один з одним. Це відображається у можливостях корегування одним ефективність функціонування та виконання функцій іншими двома.

Між цими компонентами системи постійно існують просторово – часові зв'язки. Як правило, такі системи є багатокомпонентними та багатофункціональними. Функції, для яких призначені ці системи можуть істотно відрізнятися, тому при розгляді багатьох питань застосовують системний підхід. Вирішуючи питання які відносяться до певної (j -ої) функції, що належить всім елементам системи виділяють комплекс технічних, ергатичних (людина-оператор або група операторів, персонал) та програмних компонентів, що виконують дану функцію (рис. 2.2).

Група компонентів, формує j -ту функціональну підсистему (j -та ФПС або ФПС $_j$) системи, що розглядається. Для такої ФПС $_j$ потрібен аналіз вимог при вивченні характеристик системи, для реалізації j -тої функції.

У склад ФПС $_j$ у загальному випадку будуть входити три складові системи (як і до всієї системи) [2-4, 23, 27]:

- комплекс засобів технічного забезпечення, що реалізують j -ту функцію (j -та функціональна підсистема КТЗ – ФП $_{КТЗj}$);
- комплекс засобів програмного забезпечення, що реалізаує j -ту функції (j -та функціональна підсистема ПЗ – ФП $_{ПЗj}$);
- склад оперативного персоналу, які долучаються до участі у реалізації j -тої функції (j -та функціональна підсистема ОП – ФП $_{ОПj}$).

Всі підсистеми, що долучаються до реалізації деяких функцій розрізняють за ознакою участі у реалізації: по інформаційним ознакам - інформаційні підсистеми, по конструктивним ознакам – конструктивні підсистеми і т. д. Системи, що використовують для реалізації певних функцій можуть бути спрощеними, якщо їх структури такі, що підсистеми, за конструктивними і функціональними ознаками, схожі. При реалізації функцій під час виконання процесу системи можуть бути класифіковані як такі виконання функцій якими дискретно (Д-функції) та такі, виконання функцій якими безперервно (Н-функції) [2, 3, 12, 16].

Одним із важливих складових показників якості сучасної системи, який відповідає за ефективність та виконання функцій під час використання систем є показник надійності. Для систем, що використовуються на машинобудівних підприємствах (для переважної їх більшості) головними складовими показників надійності є показники безвідмовності і ремонтпридатності.

Значення цих показників (безвідмовності та ремонтпридатності) системи буде впливати на розрахунки їх економічності, безпечності, продуктивності й ефективності та в значній мірі визначають низку найважливіших технічних чинників (таких, як приладів, кількість експлуатаційного та ремонтного персоналу та обсяг запасних необхідний інструментів) [2 – 4, 24, 28, 30].

Елементи засобів функціональних підсистем можуть бути диференційовані на дві множини: готові на певний момент час t до оперативного використання і неготових. серед не готових до оперативного використання на множині щодо системи, що задає функції виділяються засоби двох видів: стримувальні й критичні. Системи можуть складатися з протилежних елементів засобів забезпечення, які забезпечують необхідний діапазон параметрів та визначають ефективність виконання потрібних функцій, а з іншого \square не відповідають нормативному діапазону часу реалізації, тобто засіб, повністю не відповідає вимогам оперативного використання. Заданий діапазон параметрів, що забезпечується лише цим засобом є стримувальним. Якщо певну функції реалізує лише тільки один тип засобів, здатних виконувати цю функцію, і вони належать до стримувальних, то він є критичним.

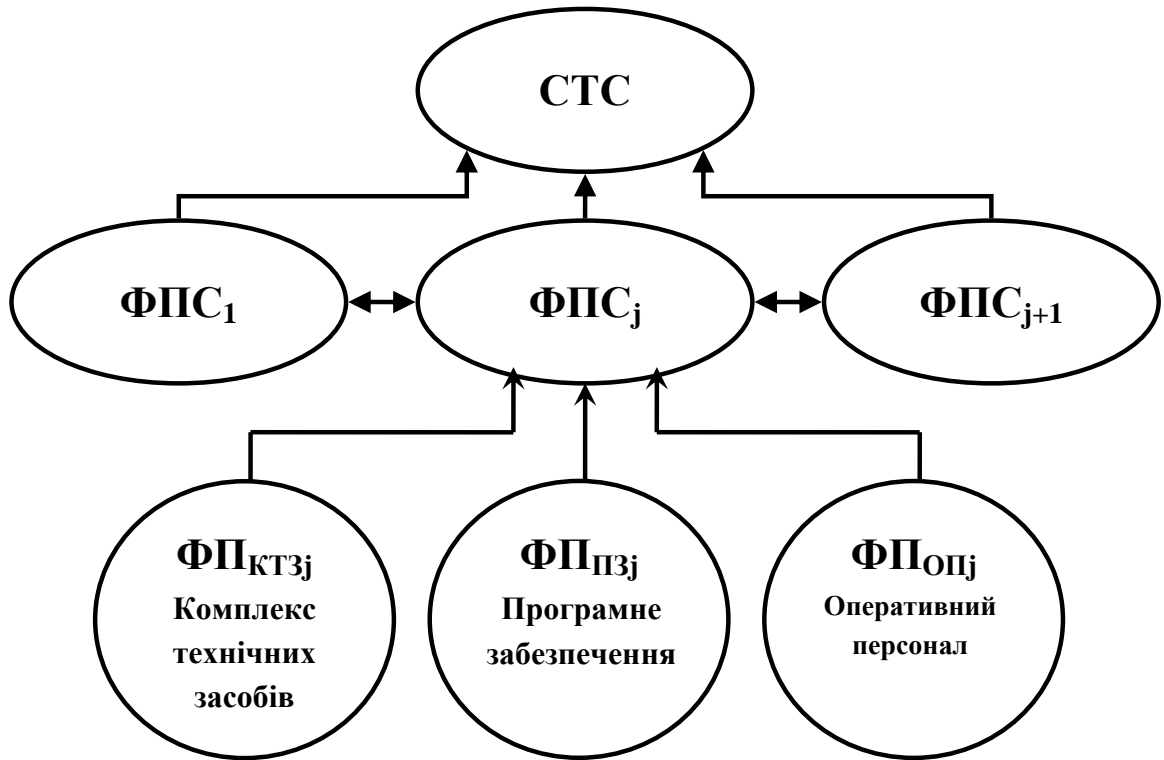


Рисунок 2.2 – Структурна схема функціональної підсистеми

У результаті множина елементів системи засобів може бути подана як [3, 23, 26, 32]

$$\Phi\Pi = \Phi\Pi^{\Gamma} \cup \Phi\Pi^{\Gamma*} \cup \Phi\Pi^{\Gamma*,C}, \quad (2.3)$$

де $\Phi\Pi^{\Gamma}$ – елементи з множини, які готові до використання оперативно у момент часу t ;

$\Phi\Pi^{\Gamma*}$ - елементи множин, які є не готовими до використання оперативно (елементи стримування);

$\Phi\Pi^{\Gamma*,C}$ – критичні елементи множини засобів системи. Показниками комплексної готовності ФПС є: коефіцієнт готовності (КГ) та коефіцієнт оперативної готовності (КОГ) [2, 3], які відповідно розраховуються по формулам

$$K_{\Gamma}(t) = \frac{T_0(t)}{[T_0(t) + T_B(t)]}, \quad (2.4)$$

$$K_{O\Gamma}(t) = K_{\Gamma}(t)e^{-\lambda t}, \quad (2.5)$$

де $T_0(t)$ – середнє напрацювання ФПС на довільний момент t між відмовами (напрацювання сумарне);

$T_B(t)=T_B$ – середній час системи для відновлення своєї здатності виконувати функцій після того як сталася відмова; - показник інтенсивності відмов.

Показник оцінки надійності функціонування персоналу, який містить ймовірність безвідмовної роботи як окремого виконавця з урахуванням надійності зв'язаних з ним технічних засобів так інформаційного забезпечення (програмних засобів) [2 – 4, 34, 35]:

$$P_{\Phi\Pi_{\text{оп}}} = (P_0 P_1 [P_2 (1 - P_0) + P_0] P_3 (1 - P_4)) [1 - P_{\Phi\Pi_{\text{КТЗ}}} (1 - P_0)]^2 \quad (2.6)$$

де P_1 - ймовірність;

P_0 – ймовірність того, що персонал спроможний виконувати необхідні дії;

P_1 – ймовірність своєчасного прийому та опрацювання отриманої інформації програмним забезпеченням;

P_2 – ймовірність прийняття персоналом правильного рішення; P_3 – ймовірність реалізації правильних рішень;

P_4 – ймовірність здійснення контролю, з урахуванням самоконтролю;

$P_{\Phi\Pi_{\text{КТЗ}}}$ – ймовірність того, що технічні засоби відмовлять.

Аналіз показників надійності відбувається окремо по кожній функції елементів багатофункціональної системи (по кожній ФПС). Рішення задачі оцінки проектної надійності функціональної системи, яка виконує N функцій, знаходиться через N - разове повторення розв'язання задачі для однієї ФПС [2-4, 36, 38].

Для ФПС наявність таких компонентів (індивідуальних функціональних підсистем - $\Phi\Pi_{\text{КТЗ}}$, $\Phi\Pi_{\text{ПО}}$ і $\Phi\Pi_{\text{ОП}}$), відмови яких можуть привести до відмови цілої ФПС, виклає декілька видів відмов. Елементи ФПС у взаємозв'язку

доволі тісному впливають у цілому на надійність, що результуючою один із одним.

Така взаємодія елементів включає взаємостійкість (відмовостійкість компонентів систем) компонентів системи.

Необхідна система функцій буде формувати відповідні характеристики функціональних підсистем ($X_{\text{ФПС}}$). Функції розділяють на два типи: основні та допоміжні. Основними необхідно вважати такі, які задіяні у формуванні інших функцій, допоміжними будуть тільки ті які будуть допомагати.

У цілому існує відповідність між ієрархією функцій (перетворень) та ієрархією функціональних підсистем. За рівнями ієрархії можна визначити взаємозв'язок між множиною функцій (Φ) та множиною груп засобів ($\Phi_{\text{ПКТС}}$, $\Phi_{\text{ПЗ}}$, $\Phi_{\text{ОП}}$).

Кожен рівень декомпозиції функції буде відповідати певній множині типів засобів μ функції $\Phi_{ij}^{\mu} \in \Phi^0$ відповідає множина $\{\Phi_{ij}^{\mu}\}_Y$ 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 Φ буде задаватися на підсистемі ФПС. Відповідно до принципу взаємозв'язків певних рівнів системи засобів може розглядатися: формування множини елементарних засобів

$\Phi_{\text{П}} = \{\Phi_{\text{П}}^0, \Phi_{\text{П}}^1, \dots, \Phi_{\text{П}}^{\mu-1}\}$, кожен із них буде приймати участь у забезпеченні виконання окремої елементарної функції множини $\Phi = \{\Phi^0, \Phi^1, \dots, \Phi^{\mu-1}\}$. Різні варіанти характеристик функціональної підсистеми $X_{\text{ФПС}_i}$ можливо сформувані спрямованим вибором їх компонентів із множини $\{\Phi_{\text{ПС}}^0\}$ сукупності елементів $\Phi_{\text{П}_i} \subset \Phi_{\text{ПС}}^0$, які приймають участь при виконанні множини функцій $\{\Phi^0\}$ [41]:

$$X_{\text{ФПС}_i} : \left[\{\Phi_i^0\} \rightarrow \{\Phi_{\text{ПС}_i}^0\}; \{\Phi_i^1\} \rightarrow \{\Phi_{\text{П}_i}^1\}; \dots; \{\Phi_i^N\} \rightarrow \{\Phi_{\text{П}_i}^N\} \right];$$

при існуючих обмеженнях параметрів

$$\begin{aligned}
X_{\Phi PC_{\min}}^1 &\leq X_{\Phi PC}^1 \leq X_{\Phi PC_{\max}}^1; X_{\Phi PC}^1 = \{X_{\Phi PC_1}^1, X_{\Phi PC_2}^1, \dots, X_{\Phi PC_{k_1}}^1\}; \\
X_{\Phi PC_{\min}}^2 &\leq X_{\Phi PC}^2 \leq X_{\Phi PC_{\max}}^2; X_{\Phi PC}^2 = \{X_{\Phi PC_1}^2, X_{\Phi PC_2}^2, \dots, X_{\Phi PC_{k_2}}^2\}; \\
&\dots\dots\dots \\
X_{\Phi PC_{\min}}^N &\leq X_{\Phi PC}^N \leq X_{\Phi PC_{\max}}^N; X_{\Phi PC}^N = \{X_{\Phi PC_1}^N, X_{\Phi PC_2}^N, \dots, X_{\Phi PC_{k_\mu}}^N\};
\end{aligned}$$

при заданих зв'язках множини Φ і $\Phi\Pi$

$$\{\Phi^0\} \cdot \{\Phi\Pi^0\} \rightarrow \{\Theta^0\};$$

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

.....

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

.....

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

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

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

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

.....

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

.....

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

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

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

.....

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

.....

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

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

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

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

$X_{ФПСmin}, X_{ФПСmax}$ – 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 Φ та $\PhiП$;

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

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

ε – кореляційний зв'язок між рівнями у середині системи $\PhiПС$.

Параметра $\PhiПС$ 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 [51] відображає перетворення показників за допомогою перетворення інтервалу їх можливих фактичних значень в інтервалі [4; 54]. Це можна виконати використовуючи формули

$$X_{\Phi PC_{ij}}^H = \frac{X_{\Phi PC_{ij}} - X_{\Phi PC_{\min_j}}}{X_{\Phi PC_{\max_j}} - X_{\Phi PC_{\min_j}}}, \quad (2.7)$$

де $X_{\Phi PC_{ij}}^H$ – нормований i -й показник j -ї функціональної підсистеми;

$X_{\Phi PC_{ij}}$ – значення i -го показника j -ї функціональної підсистеми;

$$X_{\Phi PC_{\max_j}} = \max_i \{X_{\Phi PC_{ij}}\}; \quad X_{\Phi PC_{\min_j}} = \min_i \{X_{\Phi PC_{ij}}\}.$$

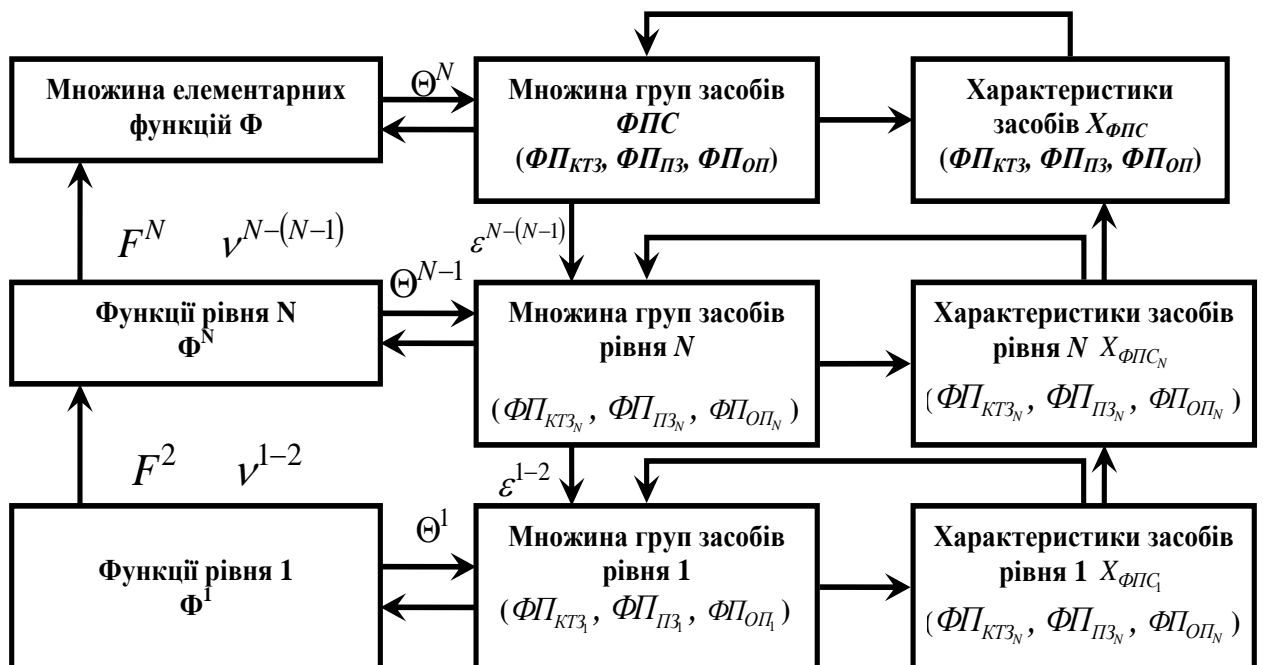


Рисунок 2.3 – Ієрархічна структура функціональної підсистеми

Розроблений алгоритм класифікації функціональних підсистем за методом дерева найкоротших відстаней представляє такий вид [2, 3, 46, 52].

На самому нульовому рівні утворюється три вектори □ рядки за певними правилами:

1- й рядок – це рівень на якому задані взаємні відстані першого об'єкта з

$$\rho_k^1 = \rho(X_{\Phi_{ПГ}}, X_{\Phi_{ПГ_k}}), k = \overline{1, n} \quad (2.8)$$

2-й рядок – це рівень, на якому елементи дорівнюють відстаням між різними вершинами дерева та знаходяться у тій послідовності, за якої вершини входять до дерева (на нульовому етапі, за якого дерево утворюється з одної вершини, один елемент цього рівня є 0),

$$R_1 = \{0\}; \quad (2.9)$$

3-й рядок – це рівень, що складається з номерів об'єктів, які розміщені у тій ієрархічній послідовності, за якою створювалось дерево найкоротших відстаней (на нульовому рівні у цьому рядку може бути тільки один елемент $\{\rho_k^{i-1}\}$ – це перша вершина такого дерева),

$$K_1 = \{1\}. \quad (2.10)$$

При переході на і-ший рівень визначають вершину, яка може бути найближчою до елемента вже створеного дерева за допомогою розрахунків мінімального компонента рядка

$$k^* = \underset{\rho_k \neq 0}{\text{Arg min}} \{\rho_k^{i-1}\}, k = \overline{1, n}. \quad (2.11)$$

Використовуючи знайдений номер найближчої вершини, формуються три вектор–рядки за такими правилами:

При застосуванні номеру найближчої вершини, що знайдена, формуються три вектори–рівні використовуючи такі принципи:

1-й рівень створюється при застосуванні мінімальних відстаней методом зіставлення співвідношень поточного рівня відстаней розробленого фрагмента дерева до вершин, яка не включена до цього фрагмента, який розглядається, із рівнем взаємних відстаней, які належать найближчому до фрагмента елементу k^* ,

$$\rho_k = \min\{\rho_k, \rho(X_{\Phi_{PC_{k^*}}}, X_{\Phi_{PC_k}})\}, k = \overline{1, n}; \quad (2.12)$$

2-й рівень може бути доповнений номером фрагмента, який є найближчий до створеного фрагмента дерева, що розглядається

$$K_i = K_{i-1} \cup k^*; \quad (2.13)$$

3-й рівень формується за допомогою значень відстані від створеного фрагмента дерева, що розглядається до найближчої вершини, яка на i -му етапі включена до складу підсистеми фрагментів дерева, що розглядається

$$R_i = R_{i-1} \cup \rho_{k^*}. \quad (2.14)$$

Такий процес ітерацій буде відбуватися до повного визначення всієї множини об'єктів, яка розглядається. Після формування дерева визначається середнє значення уже встановлених відстаней між його вершинами:

$$\bar{\rho} = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n \rho_k, \quad (2.15)$$

що встановлюється як граничне.

На 3-му рівні визначаються максимуми, це такі підходи, для яких формується

$$\rho_{k^*-1} < \rho_{k^*} < \rho_{k^*+1}. \quad (2.16)$$

Максимальні значення які знайдені порівнюють із граничним.

При ситуації коли вони більше ніж граничне, то приймають рішення про нехтуванням відповідним ребром із створеного дерева. Взаємопов'язані фрагменти дерева можуть формувати класи, які залишаються після такого моделювання. Сукупність об'єктів кожного класу знаходиться за другим рівнем, який визначається при формуванні у певній відповідності із третім рядком.

Таким чином, функціональна підсистема, яка розглядається може бути досліджена у вигляді сукупності взаємоповязаних ієрархічно організованих множин: засобів груп ($\Phi\Pi_{КТЗ}$, $\Phi\Pi_{ПЗ}$, $\Phi\Pi_{ОП}$), заданих елементарних функцій Φ_N , які розглядаються з урахуванням відповідних їм характеристик $X_{\Phi\Pi C}$ та реалізації необхідних функції на i -тому рівні (рис. 2.3). Задана множина відомих елементарних функцій Φ_N з урахуванням зв'язків N буде визначати множину груп та відповідних елементарних відомих засобів ($\Phi\Pi_{КТЗ_N}$, $\Phi\Pi_{ПЗ_N}$, $\Phi\Pi_{ОП_N}$). Множина характеристик $X_{\Phi\Pi C}^N$ ($X_{\Phi\Pi C_i}^N \in X_{\Phi\Pi C}^N$) формується усередині множини за зв'язками N , які забезпечують найбільш ефективно виконання функцій за умов певних обмежень на параметри.

Заданий елемент системи засобів $\Phi\Pi_i \in \Phi\Pi C^0$ може бути розглянутий, крім зв'язків i , характеристиками готовності Γ та стримування C :

$$\Phi\Pi^0 = \bigcup_{\mu=1}^N \Phi\Pi^\mu(\Theta^\mu, \varepsilon^\mu, \Gamma^\mu, C^\mu). \quad (2.17)$$

Двома підмножинами задається необхідна множина характеристик $X_{\Phi\Pi C}^N : X_{\Phi\Pi C_i}^\Gamma$, які сформовані з типів підсистем заданих елементів, що готові до оперативного застосування, і підмножину, що включає типи підсистем та компонентів, не готових до оперативного використання на заданий момент часу t :

$$X_{\Phi\Pi C_i} = X_{\Phi\Pi C_i}^\Gamma \cup X_{\Phi\Pi C_i}^{\Gamma*}. \quad (2.18)$$

На схемі відображена реалізація такого підходу, що спрямований на формування необхідних властивостей СВ та ОВТ (рис. 2.4) [1 – 4]. Формування СТС включає певну послідовність перетворення потреб у реалізацію необхідного призначення з чітко сформованими специфічними вимогами в ТЗ.

Показники відповідності продукції, яка розглядається як продукція виробничо-технічного призначення і є, як правило СВ або ОВТ, визначаються за типом, структурним складом та діапазоном параметрів функціональних підсистем та їх компонентів, які задіяні для виконання необхідних функції у процесах підготовки конструкторської документації та виробництва. Такі відображення (перетворення) утворюють модель формування характеристик готової продукції $X_{П}$:

$$\left. \begin{aligned} \varphi_1 : X_{П} &\rightarrow B_B \\ \varphi_2 : B_B &\rightarrow X_B \\ \varphi_3 : X_B &\rightarrow B_{\Phi ПС_{Bp}} \\ \varphi_4 : B_{\Phi ПС_{Bp}} &\rightarrow X_{\Phi ПС_{Bp}} \\ \varphi_5 : X_{\Phi ПС_{Bp}} &\rightarrow X_{\Phi ПС_B} \\ \varphi_6 : X_{\Phi ПС_B} &\rightarrow X_{П} \end{aligned} \right\}, \quad (2.19)$$

де φ_1 – відоме перетворення (відображення) характеристик відповідності кінцевої продукції $X_{П}$ у множину вимог до СВ та ОВТ;

φ_2 – відоме перетворення (відображення) вимог СВ та ОВТ у конструктивний опис виробу СВ та ОВТ;

φ_3 – відоме перетворення (відображення) характеристик виробу СВ та ОВТ у вимоги до заданих функціональних підсистем виробництва СВ та ОВТ – $B_{\Phi ПС_{Bpj}}$;

φ_4 – відоме перетворення (відображення) у характеристики $B_{\Phi PC_{Bpj}}$ фактично готових до застосування функціональних підсистем для виготовлення СВ та ОВТ – $X_{\Phi PC_{Bpj}}$;

φ_5 – відоме перетворення (відображення) $X_{\Phi PC_{Bpj}}$ у характеристики фактично виготовленої продукції СВ та ОВТ – $X_{\Phi PC_{Bj}}$ (характеристики СВ та ОВТ);

φ_6 – відоме перетворення (відображення) $X_{\Phi PC_{Bj}}$ у характеристики вже кінцевої (виготовленої даними СВ) продукції X_{Π} .

Забезпечення на різних стадіях ЖЦ необхідних характеристик кінцевої продукції пов'язано з необхідними характеристиками (СВ) відповідна реалізація необхідних перетворень (рис. 2.5). Певні ієрархічні рівні об'єктів складають модель системи перетворень (задані функціональні підсистеми, елементи): засоби програмні ($\Phi\Pi_{ПЗ_j}$), технічні ($\Phi\Pi_{КТЗ_j}$) та задіяний оперативний персонал ($\Phi\Pi_{ОП_j}$), які можуть бути одночасно операторами та операндами системи.

Такі об'єкти здійснюють одночасну цілеспрямовану дію енергетичного $E_N(t_K)$, матеріального $S_N(t_K)$ та інформаційного $I_N(t_K)$ типів на об'єкт перетворення.

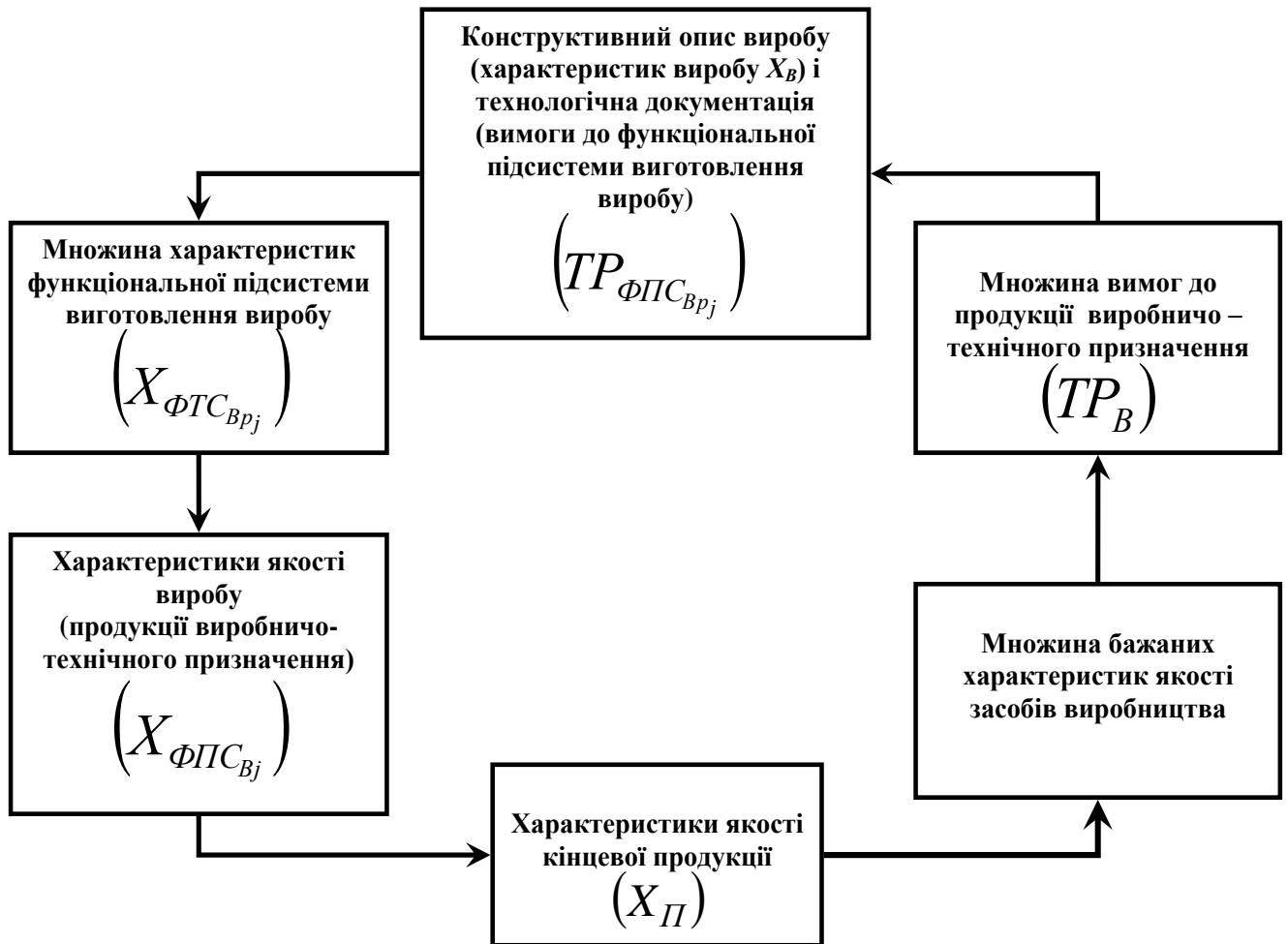


Рисунок 2.4 – Структурна схема цілеспрямованого утворення характеристик

Структурна схема описує відповідні процеси ЖЦ СВ та ОВТ (рис. 2.6), де такі процеси та СТС, що їх супроводжують перебувають у єдиній системі взаємозв'язків. Вхід процесу проектування та розроблення формується з інформації, що включає [47]:

- вимоги до функціональних та експлуатаційних підсистем;
- відому інформацію, яка отримана в аналогічних попередніх проектах;
- відомі вимоги законодавства та регламентуючих документів;
- значимі інші вимоги, до проектування та розроблення.

Під час проектування та розроблення здійснюється створення характеристик СВ та ОВТ, зміна властивостей від встановлення вимог до реалізації їх в нових (можливо модернізованих) зразках, що досліджуються в конструкторській (I_{TP_B}), технологічній ($I_{\Phi PC_{Bp}}$) та іншій документації проекту.

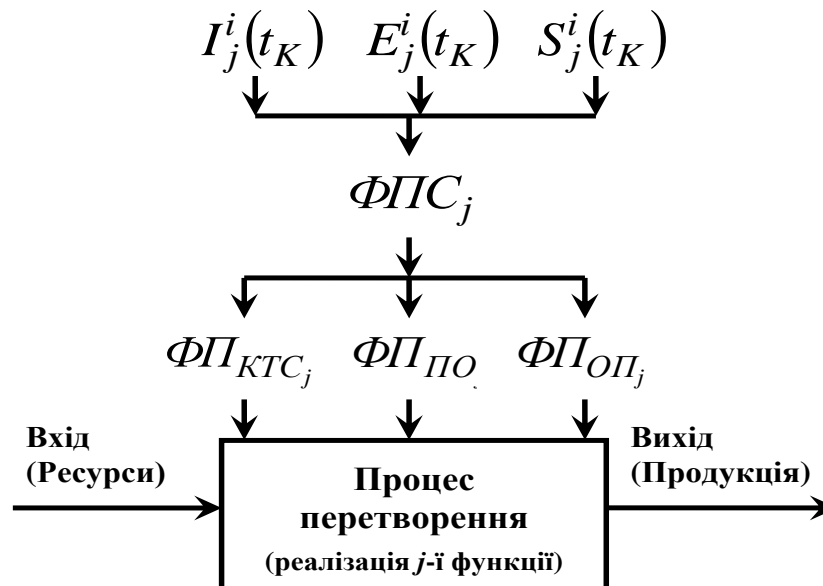


Рисунок 2.5 – Розроблена авторська модель перетворень вимог у характеристик у процесах ЖЦ СВ

$I_j^i(T_K)$ – заданий інформаційний вплив i -го типу на j -й об’єкт у даний момент часу T_K ;

$E_j^i(T_K)$ – заданий енергетичний вплив i -го типу на j -й об’єкт у даний момент часу T_K ;

$S_j^i(T_K)$ – заданий вплив матеріалу i -го типу на j -й об’єкт у даний момент часу T_K .

$\Phi ПС_j$ – j -та функціональна підсистема;

$\Phi П_{КТЗ_j}$ – комплекс технічних засобів, які можуть брати участь у виконанні

j -ї функції (j -та задана функціональна підсистема КТЗ);

$\Phi П_{ПЗ_j}$ – комплекс програмних засобів, які реалізують j -ї функції (j -та функціональна підсистема ПЗ);

$\Phi П_{ОП_j}$ – комплекс ергатичних засобів, які беруть участь реалізації j -ї функції (j -та задана функціональна підсистема ОП).

Про виріб на основі інформації ($I_{\Phi ПС_B}$), характеристик функціональної підсистеми $\Phi ПС_{Bpj}$, матеріалів і комплектуючих $S_j^i(T_K)$ виготовляють виробничо-технічну продукцію призначення $\Phi ПС_{Bj}$ і проводять промислові випробування. Процеси експлуатації контроль якості $\Phi ПС_{Bj}$ пов'язані з підтримкою і відновленням якості виробу, реалізацією. У результаті функціонування системи ЖЦВ на її виході утворюються два потоки: матеріальний потік $S_{П_i}$ (готова кінцева продукція) й інформація про готову кінцеву продукцію $I_{П_i}$ та продукцію виробничо-технічного призначення $I_{ТР_B}$. При взаємодії функціональних підсистем $\Phi ПС_j$ ($\Phi ПС_{ПР_j}$; $\Phi ПС_{Bpj}$; $\Phi ПС_{Bj}$) і їх елементів ($\Phi П_{КТЗ_j}$, $\Phi П_{ПЗ_j}$, $\Phi П_{ОП_j}$) виникають проблеми взаємозв'язку цілей і завдань, вибору раціональних діапазонів характеристик. Різними засобами може вирішуватися одне й те саме завдання. Будь-яка функціональна підсистема $\Phi ПС_j$ є часткою системи вищого порядку, її розвиток відбувається у взаємодії з об'єктами зовнішнього середовища (навколишнього світу). Зв'язки із зовнішнім середовищем визначають сукупність тенденцій розвитку виробу на етапах ЖЦ, його функціонування в системах вищого порядку. Перелік і характеристики критеріїв переваги $\Phi ПС_j$ і комплекси заходів щодо їх удосконалення спрямовані на виконання цільових вимог ЖЦВ за рахунок розвитку елементів підсистем.

Запропонована цільова функція для оцінювання ефективності застосування $\Phi ПС_j$ на відповідних стадіях ЖЦ СВ

$$\bar{X}^+ = \frac{\alpha \cdot \bar{X}_{\Phi ПС_j}^+}{\beta \cdot \bar{B}_{\Phi ПС_j}^- \cdot \chi \cdot \bar{T}_p^-}, \quad \alpha > \beta + \chi, \quad \beta > \gamma, \quad (\alpha + \beta + \chi = 1), \quad (2.20)$$

де \bar{X}^+ – характеристика робіт, що виконуються на стадіях ЖЦ у безрозмірному вигляді;

$\bar{X}_{\Phi PC_j}^+$, $\bar{B}_{\Phi PC_j}^-$, \bar{T}_p^- – безрозмірні величини відповідно характеристик функціональних підсистем $X_{\Phi PC}$, їх вартості та фактора часу, що враховує тривалість виконання множини функцій на відповідних стадіях ЖЦ;

α , β , χ – коефіцієнти відносної вагомості; знаки (плюс або мінус) показують, за рахунок чого необхідно досягати відповідності вимогам: зменшення значення одних показників або збільшення інших.

Визначене в момент часу T значення функції (2.18), може змінюватися за проміжок часу τ на величину $d\bar{X}(T + \tau)$. При цьому на стратегічно орієнтованих ієрархічних рівнях Z_i ($Z \leq N$) (функція (1) має значення з урахуванням відносної важливості цілей на стадіях ЖЦ СВ) рішення приймаються виходячи із зміни інформації $dI(T)$ про вимоги до характеристик функціональних підсистем $X_{\Phi PC_j}$, їх вартості $B_{\Phi PC_j}$, терміну виконання робіт T_p . У результаті випадкові величини $dI(T)$ і $d\bar{X}^+(T + \tau)$ виявляються статистично залежними, і кореляційна функція

$$\left(d\bar{X}(T + \tau)dI(T)\right) \equiv \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T d\bar{X}(T + \tau)dI(T)dT$$

набуває ненульового значення. Корінна зміна ЖЦ СВ, що означає вибір певної стратегії при забезпеченні відповідності встановленим вимогам, відбувається, якщо це корелятом набуває кінцевих значень при нескінченному віддаленні моментів фіксації інформації на характеристик процесів, тобто за умови $\tau \rightarrow \infty$. Таким чином, відмінність стратегічно орієнтованих ієрархічних рівнів від випадково орієнтованих $N-Z$ (функція (2.18) має значення без урахування відносної важливості цілей на стадіях ЖЦ СВ) зводиться до того, що для перших кореляційна функція (2.19) набуває ненульових значень, а для інших $R=0$:

$$R = \lim_{\tau \rightarrow \infty} \left(d\bar{X}(T + \tau)dI(T)\right) \equiv \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T d\bar{X}(T + \tau)dI(T)dT. \quad (2.21)$$

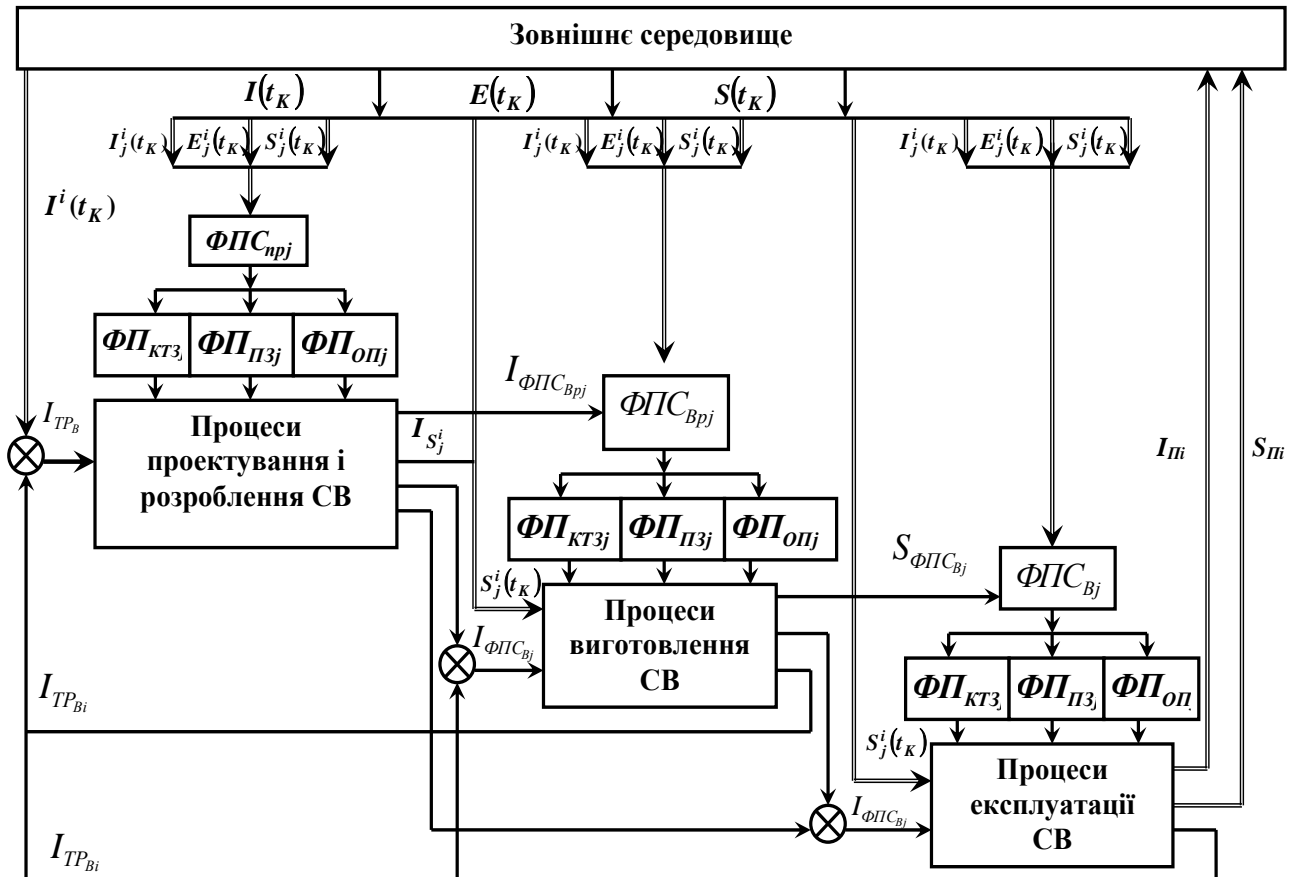


Рисунок 2.6 – Модель системи перетворень на етапах ЖЦ СВ:

$\Phi ПС_{Bj}$ – задана функціональна підсистема для j -го виробу;

$\Phi ПС_{Bpj}$ – задана функціональна підсистема при виготовленні j -го виробу;

$\Phi ПС_{PPj}$ – задана функціональна підсистема при проектуванні j -го виробу;

I_{TP_B} – відома інформація, яка включає вимоги до виробу, що розглядається;

$I_{\Phi ПС_{Bp}}$ – відома інформація, що включає вимоги до функціональної підсистеми при виготовленні виробу;

$I_{\Phi ПС_B}$ – відома інформація, яка включає вимоги до умов під час виготовлення та експлуатації СВ;

$S_j^i(t_k)$ – необхідні матеріали та комплектуючі під час виготовлення СВ;

$S_{\Phi ПС_B}$ – фактично виготовлений СВ (продукція виробничо-технічного призначення).

Якщо розглядати організаційно-технічні систем більш високого рівня то зміни вимог цільових функцій – економічних, екологічних та інших вимог – будуть формувати комплексні критерії для оцінки характеристик виробу $\Phi ПС_{Bj}$. Специфічними особливостями ряду процесів на етапах ЖЦВ є динаміка змін умов їх протікання і невизначеність витрат ресурсів, термінів виконання, вихідних результатів та параметрів забезпечення. Відповідно до структури моделі поточного стану вироб $\Phi ПС_{Bj}$ на стадіях його ЖЦ у загальному виді може характеризуватися у кожен момент часу двома множинами змінних $x(k) = \{x_1(k), \dots, x_n(k)\}$ і $u(k) = \{u_1(k), \dots, u_r(k)\}$ [2 – 4, 41]. Одиничні вектори $x(k)$ будуть визначати потенційні можливості знаходження виробу на k -му етапі. Їх називають змінними поточного стану. Одиничний вектор $u(k)$ буде визначати дію направлену на керування на k -тому етапі. Одиничний вектор $x(k)$ може бути елементом n -вимірного простору станів виробу на стадіях їх ЖЦ, який позначають через X_k . Компонентами X_k можуть бути якісні і кількісні техніко-економічні параметри виробу:

$$x(k) \in X_k \quad (k=0, 1, \dots, N). \quad (2.22)$$

Компоненти вектора $u(k)$ набувають значень із заданої підмножини U_k :

$$u(k) \in U_k \quad (k=0, 1, \dots, N-1). \quad (2.23)$$

Дія, що направлена на керування процесами буде визначатися з відношення

$$U(t) = S_i^j(t) \cup E_i^j(t) \cup I_i^j(t), \quad (2.24)$$

де $S_i^j(t)$, $E_i^j(t)$, $I_i^j(t)$ – відповідно матеріальне, енергетичне та інформаційне забезпечення функціональної підсистеми у момент часу t при взаємодії i -го процесу або ФПС _{j} з найближчим j -м процесом.

Управління поточним станом процесу ЖЦ можна представити у вигляді суми рівнянь

$$U(t) = C(S_i^j) + C(E_i^j) + C(I_i^j), \quad (2.25)$$

де $C(S_i^j)$, $C(E_i^j)$, $C(I_i^j)$ – відповідно множини матеріальних, енергетичних та інформаційного витрат.

Обмеження на вектор станів X_k та управлінь U_k враховуються відповідними нерівностями

$$h_j(x(k), k) \geq 0 \quad (j=1, \dots, s_k; k=0, 1, \dots, N), \quad (2.26)$$

$$g_i(u(k), k) \geq 0 \quad (i=1, \dots, m_k; k=0, 1, \dots, N-1). \quad (2.27)$$

Обмеження задаються одночасно при змінні параметрів управління та стану

$$g_i(x(k), u(k), k) \geq 0 \quad (j=1, \dots, m_k; k=0, 1, \dots, N-1). \quad (2.28)$$

Метод вибору оптимальних параметрів (принцип оптимальності Р. Беллмана [2, 3]) використовують для прийняття рішення (оптимального параметру управління) на відповідних стадіях ЖЦ СВ та ОВТ.

Перехід ФПС із стану з поточними параметрами $x(0)$ у стан із змінними параметрами $x(k)$ за певні k кроків (етапах) представляють у виді

$$f_{k-l}(X_{\text{ФПС}}) = \max_{U_{l+1}} \left[E_{l+1}(X_{\text{ФПС}}, U_{l+1}) + f_{k-(l+1)}(X_{\text{ФПС}_{l+1}}) \right], \quad (l = \overline{0, k-1}), \quad (2.29)$$

де $U_l = \{u_l(1), \dots, u_l(m)\}$ – прийняття рішення на l – му кроці для управління;
 $X_{\Phi PC_l} = \{x_l(1), \dots, x_l(m)\}$ – фактичний поточний стан ФПС на l –му кроці;
 E_{l+1} – значення ефекту, яке безпосередньо досягається на l – му кроці;
 f_{n-l} – значення ефекту – оптимальне, яке знаходиться при $k-l$ кроках;
 k – загальна кількість кроків.

Формула (2.27) є основним рекурентним співвідношенням. Розрахунки, що проводяться за k етапів ЖЦВ, використовуючи цю формулою дозволяють знайти можливі оптимальні характеристики функціональної підсистеми виробу $X_{\Phi PC_B}$.

Розрахунки проводяться для визначення кожного значення функції f_{n-l} . При цьому використовують значення функції $f_{n-(l+1)}$, яка знайдене на попередньому кроці (етапі) та безпосереднє оптимальне значення ефекту $E_{l+1}(X_{\Phi PC_l}; U_{l+1})$, яке визначається в результаті прийняття рішення U_{l+1} при заданому поточному стані системи $X_{\Phi PC_l}$. Процес розрахунків значень функції f_{n-l} ($l = \overline{0, k-1}$) проводять за початковою умовою $f_0(X_{\Phi PC_k}) = 0$, що означає, що ефект дорівнює нулю при виборі за межами кінцевого стану функціональної підсистеми. Вираз (2.27) графічно можна привести у вигляді схеми, що зображена на рис. 2.7.

На етапах ЖЦ СВ та ОВТ алгоритм оптимального управління містить наступні етапи [33, 53]:

1-й етап – приводиться функціональне рівняння для останньої стадії ЖЦ СВ ($l=k-1$):

$$f_1(X_{\Phi PC_{k-1}}) = \max_{U_k} [E_k(X_{\Phi PC_{k-1}}, U_k) + f_0(X_{\Phi PC_k})];$$

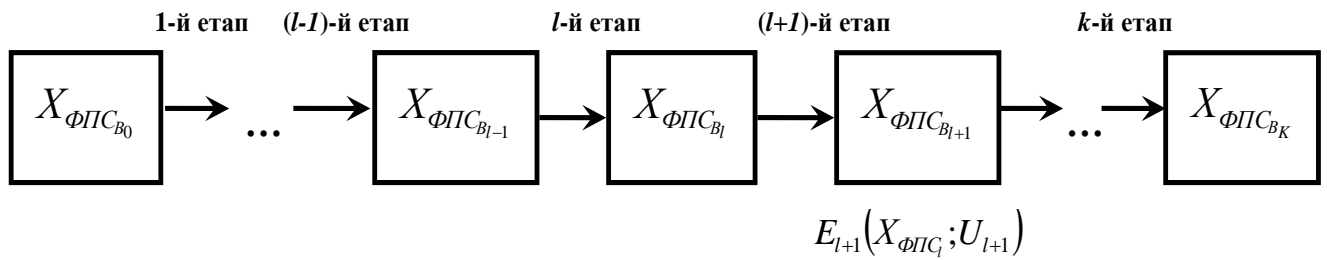


Рисунок 2.7 – Схема поетапного пошуку рішення для оптимального управління

2-й етап – визначається $E_k(X_{ФПС_{k-1}}; U_k)$ з дискретної множини значень при фіксованих $X_{ФПС_{k-1}}$ і U_k з урахуванням відомої інформації про допустимі області, оскільки $f_0(X_{ФПС_K})=0$, то $f_1(X_{ФПС_{k-1}}) = \underset{U_k}{\text{optimum}} [E_k(X_{ФПС_{k-1}}, U_k)]$.

Після першого кроку знаходиться рішення U_k та значення функції $f_l(X_{ФПС_{k-1}})$;

3-й етап – записується функціональне рівняння при зменшенні відповідного значення l на одиницю. При $l = k - n$ ($n = \overline{2, k}$) має наступний вигляд

$$f_n(X_{ФПС_{k-n}}) = \max_{U_{k-n+1}} [E_{k-n+1}(X_{ФПС_{k-n}}, U_{k-n+1}) + f_{k-1}(X_{ФПС_{k-n+1}})]; \quad (2.30)$$

4-й етап – визначаємо умовно-оптимальне рішення для управління на основі виразу (2.28);

5-й етап – проводиться перевірка значення l . При $l=0$ проводять підрахунок умовно-оптимального рішення, що завершено. Знайдене оптимальне рішення для першого етапу $ФПС_B$. При $l \neq 0$ переходять до виконання п. 3;

6-й етап – проводиться розрахунок оптимального рішення на кожному наступного етапі, розв'язання здійснюють з кінця до початку.

Такий підхід дозволяє проводити оцінку варіантів конструкції СВ та ОВТ із множини об'єктів. Модель застосовується для вибору ефективних режимів

реалізації взаємодії функціональних підсистем при оцінці витрат на проектування, виготовлення та експлуатацію СВ та ОВТ.

При такому підході знаходять найбільш оптимальний варіант який відповідає встановленим вимогам при проведенні аналізу переваг та недоліків цих варіантів. Стан СВ та ОВТ на стадіях ЖЦ розглядають у вигляді графу, що приведений

на рис. 2.8. Сукупність об'єктів (група програмного забезпечення (ПЗ), група технічних засобів (КТЗ) та група оперативного персоналу (ОП)), процесів на етапах ЖЦ СВ та ОВТ методів (підходів) щодо проектуванням, виготовленням та експлуатацією визначається певною структурою та може визначатися відповідним графом $G = \{A, B\}$, де $A, G = \{A, B\}$ – певна підмножина вершин, $B: A \rightarrow A$ – певна підмножина ребер (дуг) [1]. Фактичний початковий $E_0(X_{\text{ФПС}_{\text{В0}}}; U_0)$ та відповідно кінцевий стани $E_K(X_{\text{ФПС}_{\text{Вк}}}; U_K)$ знаходяться як дві точки на певній площині, що межує з двома прямими (1-й етап ЖЦ СВ та ОВТ; k -й етап ЖЦ) і $(U_0; U_K)$, які розділені на n_1 і n_2 рівних відрізків відповідно. Граф, що представлений на рис. 2.9 (орієнтований граф ЖЦ СВ та ОВТ) може бути охарактеризований матрицею суміжності, де вершина $A = \|a_{ij}\|$, в якій маємо $a_{ij}=1$, при ребрі (i, j) і $a_{ij}=0$ граф буде інакшим.

Кожна вершина графа структури характеризується вектором станів $X_{\text{ФПС}_k}$. Відповідні ребра, які будуть входити та виходити з певної k -тої вершини визначаються прийнятими рішеннями управління, які вибираються на k – му кроці U_k . Цей етап проектування та розроблення подається як ієрархічна структура характеристиками, якої є вартість, час та ймовірність отримання результату, що буде задовольняти замовника, а також зв'язки із попередніми та подальшими рішеннями (рис. 2.10, 2.11, 2.12). На рис. 2.13 наведена структура матриці суміжності вершин графа. Вершини вказують на варіанти прийнятих рішень або альтернатив. Вибір варіантів вершин графа проводять за певним набором критеріїв, які призначає сам розробник. При прийнятті рішень щодо управління проектами СВ та ОВТ на стадіях їх ЖЦ проводять за допомогою динамічного програмування. Суть методу полягає у тому, що на підмножинах та множинах траєкторій можливих рішень управління, як на площині певних варіантів вибирається такий, який мінімізує (максимізує) відповідне значення цільової функції. У результаті досліджень запропоновано моделі інформаційної, енергетичної та матеріальної взаємодії та інтеграції процесів на

стадіях ЖЦ СВ та ОВТ та структурну схему, що значно підвищує ефективність застосування техніко-економічної інформації для прийняття управлінських рішень які будуть відповідати вимогам. Комплексне використання використання розглянутих підходів, методів та моделей з орієнтацією на можливість побудови структур процесів, які самоорганізуються дозволить розраховувати на одержання так званого синергетичного ефекту.

Матриця смежності:

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14
S1		0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S2	1		1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
S3	0	1		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S4	0	0	1		0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
S5	0	0	1	1		0	0	0	0	0	0	0	0	0
S6	0	0	0	0	1		0	0	0	0	0	0	0	0
S7	0	0	0	0	0	1		1	1	0	0	0	0	0
S8	0	0	0	0	0	0	1		1	0	0	0	0	0
S9	0	0	0	0	0	0	0	1		1	0	0	0	0
S10	0	0	0	0	0	0	0	0	1		0	0	0	0
S11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		0	0	0
S12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		1	0
S13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		0
S14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	

Рисунок 2.9 – Орієнтовна матриця суміжності для побудови графа моделі ЖЦ СВ та ОВТ

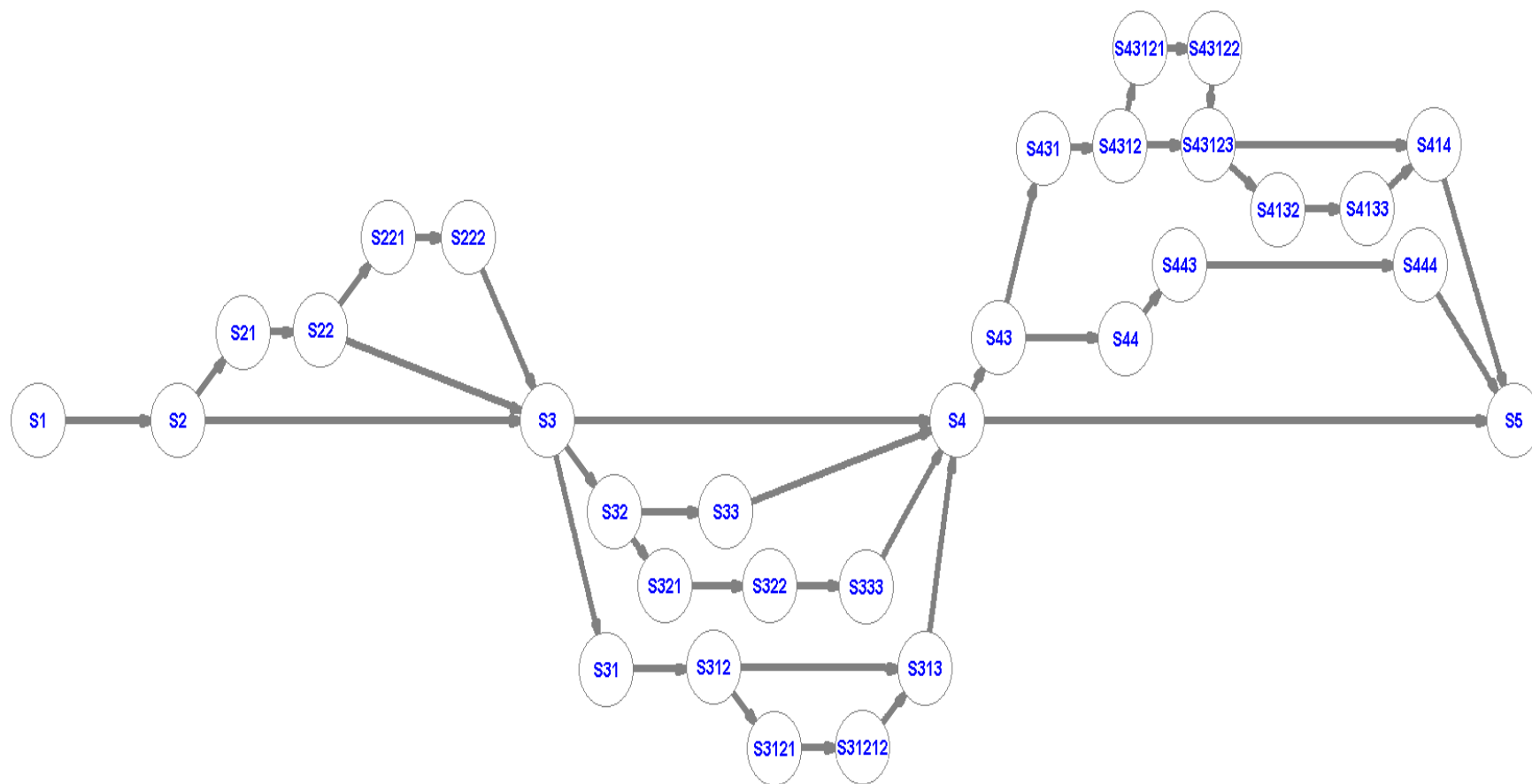


Рисунок 2.10 – Схема процесів на сталії проектування СВ та ОБТ

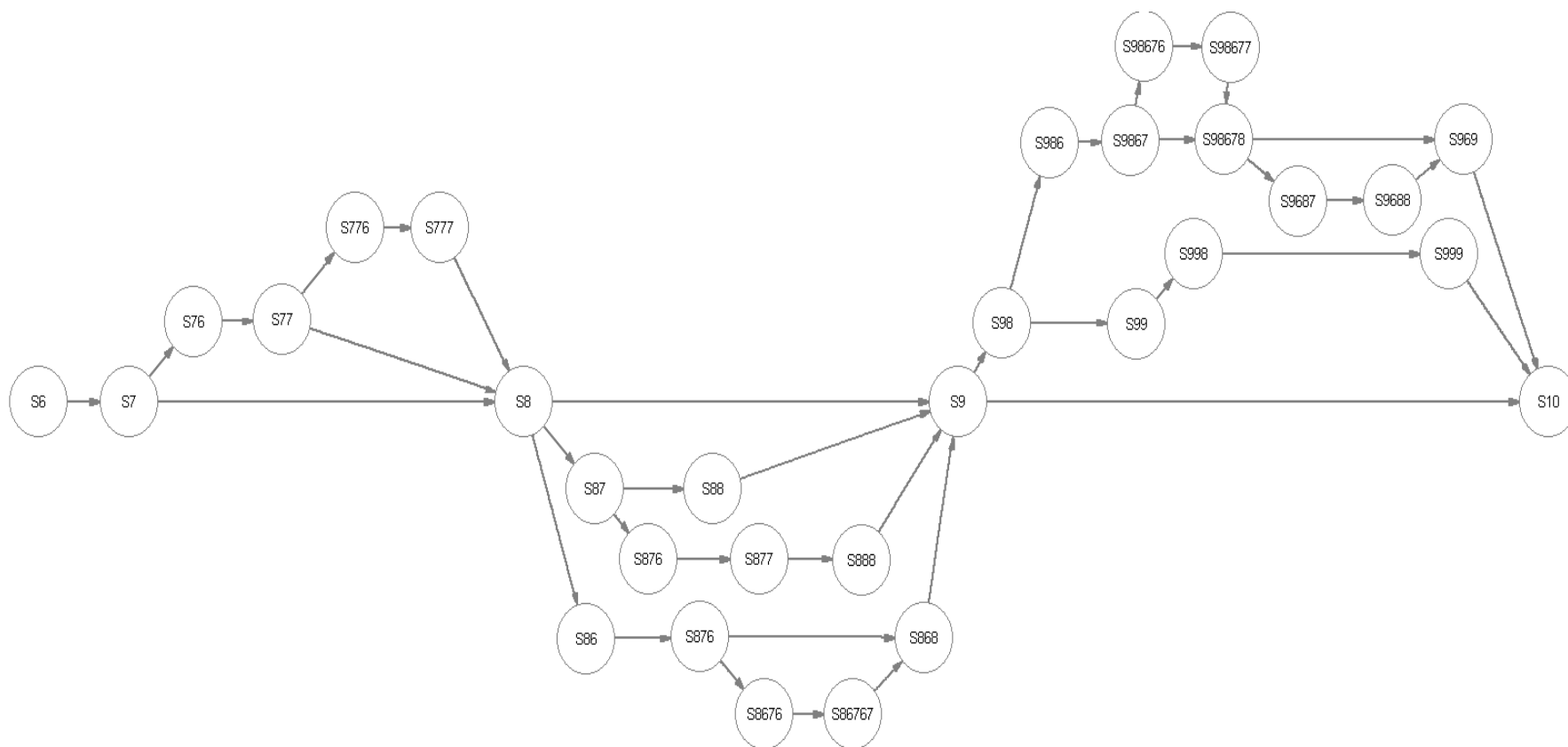


Рисунок 2.11 – Продовження схеми процесів розроблення та проектування СВ та ОВТ

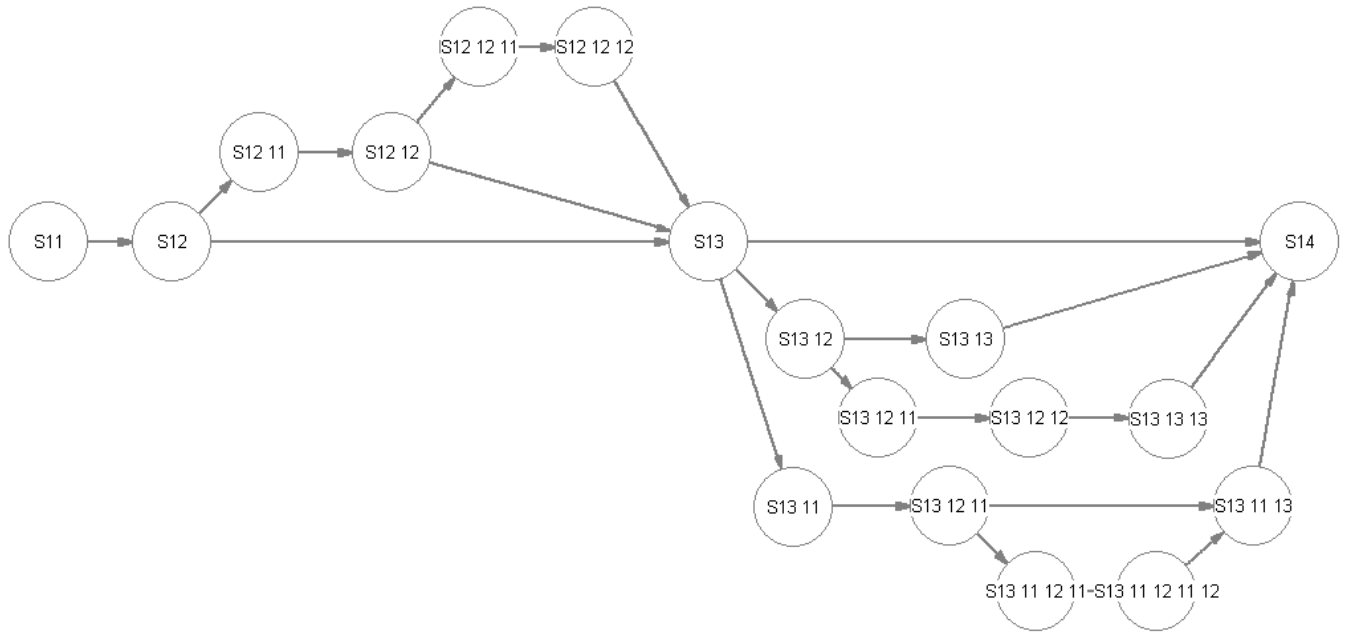


Рисунок 2.12 – Схема процесів на стадії експлуатації СВ та ОВТ

Матриця смежності:

	S1	S2	S3	S4	S5	S21	S22	S22	S22	S43	S32	S33	S32	S32	S33	S31	S31	S31	S31	S44	S44	S44	S43	S43	S43	S41	S43	S43	S41	S41	S41
S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S3	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0		
S21	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S22	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S22	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S22	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S43	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S32	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S33	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S33	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S31	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
S43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Рисунок 2.13 – Орієнтовна матриця суміжності для побудови графа процесів проектування та виготовлення СВ та ОВТ

Висновки

1. Специфіка машинобудівних СВ та ОВТ характеризується високим рівнем складності взаємозв'язків їх багатофункціональної та багатоелементної структури, що викликає певні ризики при вирішенні питань досягнення необхідних вимог під час проектування, виготовлення та експлуатації. Використання великого обсягу інформаційного контенту, що зберігається в різних місцях залежить від взаємодії багатьох СОТС, які формують єдине інтегроване інформаційне середовище та організованості різних процесів на стадіях ЖЦ. Централізований доступ до багаторівневого об'єднання ресурсів різного характеру та оновлювання у реальному часі залежить від сумісного стану таких систем. Їх поведінка не може бути повністю передбачуваною. На неї впливає залежність від фактичного стану їх складових та динаміки з якою змінюються умови для внутрішнього та зовнішнього оточення, які, як правило, не залежить від попередніх стадій розвитку.

2. Непередбачувана і завжди швидка зміна вимог і очікувань споживачів і замовників в умовах жорсткої конкурентної середовища і постійно розвиваються технічних і технологічних рішень при зменшенні серійності виробництва і розширення номенклатури виробів вимагає принципово нових наукових принципів і підходів пов'язаних з ефективним опрацюванням і використанням за призначенням інформації для поліпшення продукції і процесів.

3. Наукове обґрунтування складної взаємозалежної організаційної структури процесів на стадіях ЖЦ СВ та ОВТ при проектуванні, виготовленні і експлуатації здійснено при використанні принципів багатофункціональних і багатоелементних СОТС, які взаємодіють між собою та з зовнішнім середовищем обмінюючись інформацією, енергією і матеріалами. Забезпечення постійного поліпшення властивостей і ступеня корисності СВ і ОВТ є завданням відповідних перетворень при прийнятті рішень на кожному рівні ієрархії ЖЦ. Базовими науковими принципами є полімодельність і

багатокритеріальність. Їх використання здійснюється при комплексному описі СОТС для задач аналізу та синтезу структури і динаміки поведінки СВ та ОВТ.

3. ВИЗНАЧЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ СКЛАДНИХ ВИРОБІВ

3.1. Моделювання процесу проектування складних виробів на основі теорії функціональних систем

Важливе значення для розвитку бізнесу та економіки країни мають технології. Для створення нових або модернізації вже існуючих СВ та ОВТ необхіден весь комплекс робіт, об'єднує результати наукових досліджень (науково–дослідні роботи (НДР)), патентний пошук (дослідно–конструкторські роботи (ДКР)) та результати експериментальних досліджень дослідного виробництва (дослідно–технологічні роботи (ДТР)), фінансово-економічний аналіз, матеріально–технічне забезпечення (МТЗ) технологічної підготовки виробництва, у тому числі нормування, комплектування та інше (рис. 3.1). Сукупність всіх процесів на стадіях проектування та розроблення виробів розділяють на дві категорії [2, 3, 4]:

- процеси направлені на управління проектами СВ та ОВТ аналіз, опис, планування і організацію діяльності за проектом;
- процеси, що безпосередньо пов'язані з виробом є визначальними для ЖЦ проекту такими і стосуються технічної специфікації та виробництва виробу.

При здійсненні розробки ефективних проектних рішень управління конструкторськими та технологічними процесами розглядають взаємозалежну складну відкриту систему з урахуванням економічного обґрунтування розподілу ресурсів при створенні виробів на всіх етапах їх ЖЦ.

Одним з підходів є розгляд галузі нейрофізіології для опису механізму функціонування СОТС. Розглядаючи певну функціональну систему як динамічну, саморегульовану організацію, в яку вибірково включені структури і процеси на основі нервових і гуморальних механізмів регуляції для отримання цінних для системи і цілого організму адаптованих результатів, Анохін П. К. змінив зміст цього поняття поширивши його на можливу структуру будь-якої цілеспрямованої поведінки. Даний підхід може бути використаний при розгляді

структури функціональної підсистеми проектування. Використовуючи теорії Анохіна П.К. [2-4] можна припустити, що загальна архітектура функціональної системи є базою деякого «концептуального моста» між рівнями аналітичних і системних процесів (рис. 3.2).



Рисунок 3.1 – Загальна сукупність процесів проектування та розроблення СВ та ОВТ

Відповідно до теорії Анохіна П. К. [56] загальна архітектура функціональної системи є основою «концептуального моста» між рівнями системних і аналітичних процесів.

Відповідно до підходів в галузі нейрофізіології механізм функціонування складних систем містить такі елементи [2-4]:

- механізм аферентного синтезу;
- методи, модель та засоби для передбачення необхідного результату – акцептор результату дії;
- модель прийняття рішення;

– модель формування програми дії – еферентний синтез, що включає застосування вирішеного в реалізацію дії, тобто певний спосіб для досягнення адаптивного результату;

– модель багатокomпонентної дії;

– методи та модель розпізнавання за допомогою зворотної аферентації параметрів уже досягнутого результату в акцепторі результату дії.

Функціональна система проектування являє собою певну організацію активності різних елементів, що можуть призводити до досягнення відповідного результату, який є корисним.

Проводячи аналогію з біологічною функціональною системою, можна відзначити, що її початковою стадією є аферентний синтез, який визначається як процес зіставлення, розпізнавання, селективного відбору, аналізу та синтезу аферентних потоків, що мають відмінності за значенням. Початковою стадією функціональної підсистеми проектування є процес збору, аналізу, синтезу та розпізнавання різної техніко-економічної інформації про виріб і необхідних ресурсах.

Аферентний синтез включає [2, 4] чотири елементи, які необхідно враховувати при обробці при одночасній взаємодії на цій стадії функціональної системи: домінуюча у даний момент прийняття рішень мотивація, що виникає при аналізі специфічної потреби та вимоги; обстановочна аферентація, яка є комплексною дією на систему усієї сукупності зовнішніх факторів, що є складовими конкретного стану, а також актуальна на даний момент пускова аферентація, системний елемент, який формує раніше реалізовану передпускову інтеграцію збуджень у дію та зберігається у пам'яті. Головною вимогою аферентного синтезу є взаємодія усіх чотирьох складових елементів. Аферентний синтез базується на прийнятті рішення з питання, який результат може бути отриманий у даний момент, що забезпечує необхідну мету, досягнення якої присвячено функціонування системи [1, 2, 3, 4, 5].

Прийняття рішення є критичним процесом, а також однією з важливих складових процесу для формування системи. Аферентна оцінка всіх умов є механізмом для дослідження. Аферентний синтез на основі домінуючою на

даний момент мотивації та під дією корекції пам'яті (бази даних), дозволяє провести такий підбір потрібних ступенів вільності, за якого інформація поступає вибірково до об'єктів, які задіяні для реалізації потрібних дій.

Після закінчення аферентного синтезу відбувається прийняття рішення про вибір найбільш необхідних ступенів вільності у тих елементах, які складають функціональну частину системи. Очікуємих результат залежить від економічно обгрунтованої дії з урахуванням ступенів вільності, що залишилися.

Користуючись забезпеченням акцептора результатів дії, який є базою для формування мети та поведінки систем можливо порівнювати їх із аферентною інформацією, яку отримують, про параметри та результати дії, що здійснюється, а також користуючись зворотною аферентацією. Результати таких порівнянь будуть визначати подальший стан та поведінку системи: потрібно корегування, або припиняється, як при досягненні кінцевого результату. Акцептор результатів дії визначає механізми, що дозволяють не тільки прогнозувати необхідний на даний момент результату, а й звіряти (розпізнавати) його із параметрами дійсного результату. Інформація про який надходить завдяки зворотній аферентації.

Такий підхід і алгоритм дозволяє виправляти похибки або доводити не завжди досконалий результат до необхідного досконалого. При ситуації коли інформація про необхідну досконалу дію відповідає існуючій на даний момент інформації, то пошук недосконалості повністю завершується. Таким чином, потреба задовольняється. Різні пошукові алгоритми та корегувальні дії приводять до очікуваного результату через оцінку зворотної аферентації. Кожен пошуковий блок для реалізації певних функцій буде складатися з компонентів: необхідний результат – зворотна аферентація – звірення (розпізнавання) та оцінка фактичних результатів в акцепторі результатів дії – корекція – новий необхідний очікуваний результат [2, 4].

Початок прийняття рішення і початок реалізації необхідних еферентних дій повинні супроводжуватися формуванням комплексу, який буде складатися з аферентних ознак необхідного результату та колатеральної копії вже

здійснених еферентних дій, що знаходяться на периферії у відповідності з робочими об'єктами. З урахуванням інтервалу між формуванням мети та її фактичною реалізацією знаходять необхідні фактичні параметри результату, який потрібен. Оцінка отриманого необхідного результату реалізується через розпізнавання параметрів і спрогнозованого результату. Подальша оцінка результату буде визначати поведінку функціональної СОТС. При ситуації, коли результат відповідає прогнозованому система буде переходити на наступний рівень. При ситуації, коли результат не відповідає потрібному прогнозу, в системі забезпечення розпізнавання виникає неузгодженість, яка активує орієнтовно–дослідницьку реакцію. Це, з урахуванням асоціативних можливостей приведе активного підбору додаткової інформації. У концепції функціональної системи виділення мети поведінки є найбільш важливим моментом, що приводить до розвиток. Виділення мети та способів їх досягнення, що містять два типи образів пов'язане із операцією прийняття рішення (представлено підсистемою акцептора) і є завершальним етапом аферентного синтезу, який, що регулює поведінку.

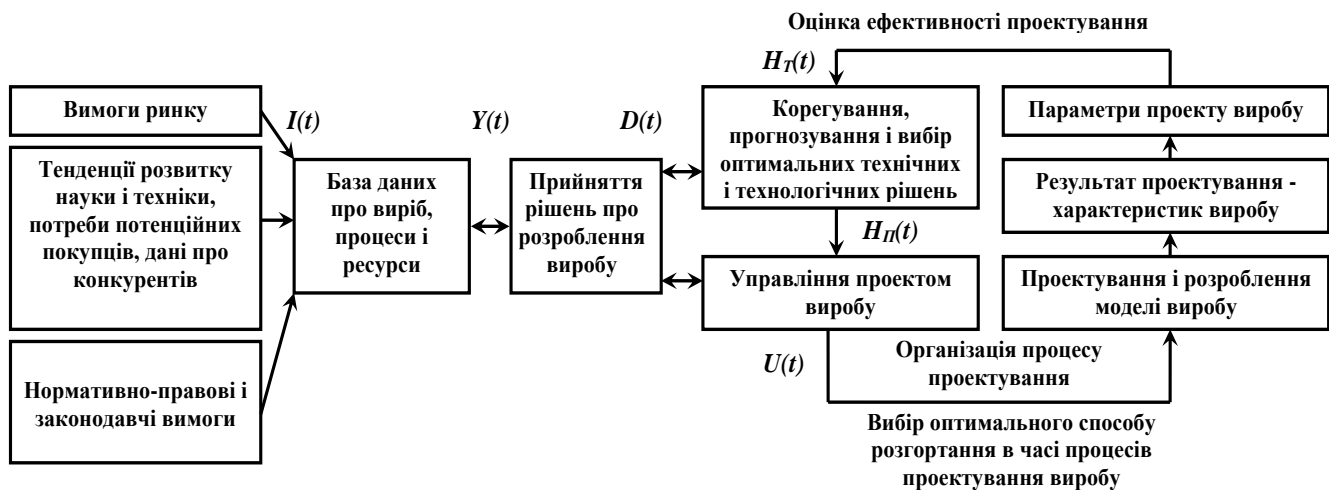


Рисунок 3.2 – Структура функціональної підсистеми проектування на основі теорії Анохіна:

$I(t)$ – множина вхідних дій;

$Y(t)$ – множина вихідної інформації;

$H_{П}(t)$ – комплексний показник – узагальнена характеристика запланованих параметрів станів;

$U(t)$ – множина керуючої дії;

$HT(t)$ – комплексний показник – узагальнена характеристика поточних параметрів станів

На рис. 3.2 наведена схема архітектури функціональної підсистеми проектування СВ та ОВТ [3]. При визначенні параметрів та характеристик об'єкта проектування важливим є взаємодія забезпечення функціональної підсистеми ФПСпр_і із компонентами та ресурсами зовнішнього середовища. На першій стадії базуючись на вхідній інформації $I(t)$ щодо тенденції зміни та розвитку науково-технічної сфери суспільства, ринкового середовища, що пов'язане з даною продукцією, вимог та потреб споживачів, які є потенційними замовниками, отримання даних про конкурентів та нормативно-правові і законодавчі акти та документи, які містять вимоги, розглядають та порівнюють можливі варіанти створення, виготовлення та використання виробів $Y(t)$. Оптимальні рішення $D(t)$ приймають визначаючи показники та критерії, які є переважними.

На цій стадії вибираються та розробляються конструкторські рішення та технологічні процеси виготовлення для об'єкта проектування. Відбувається створення дослідного зразка та його випробування. Результати випробувань будуть підтверджувати вимоги проектування. Здійснюється попередній відбір та аналіз параметрів проекту для оптимального вибору технічних та технологічних рішень. На цьому етапі формується також інформація про керуючу дію $U(t)$. Оцінка ефективності проектування проводиться не лише з точки зору порівняння характеристик виробу, що планується розробляти, а також оцінюють та аналізують умови виготовлення та використання: оптимальне забезпечення ресурсами, наявність необхідного обладнання, наприклад, пристрої та інш., включаючи кваліфікацію персоналу, який задіяний у процесах на стадіях ЖЦ виробу, що проектується. Вектор $H_{II}(t)$ характеризує відповідні зміни станів процесів проектування. На наступному етапі розробляють модель, яка характеризує можливі основні взаємозв'язки

технологій управління, інструментального забезпечення та інших складових єдиної системи управління якістю проекту виробу.

Управління проектом загалом, як правило, передбачає такі стадії: планування, виконання, моніторинг, аналіз та поліпшення. Подібна архітектура дозволяє реалізувати інтеграцію функціональної підсистеми проектування у загальну систему сумісної взаємодії при проектуванні, виготовлені та експлуатації.

Конструкторська підготовка виробництва включає проектування нової продукції та модернізацію тієї, що була виготовлена раніше. Метою даної стадії ЖЦ є розроблення моделі виробу. У процесі проектування визначають склад $\Phi ПС_B$, її конструкцію та техніко–економічні й інші характеристики $X_{\Phi ПС_B}$.

3.2 Моделі прийняття рішень щодо вибору оптимальних характеристик функціональних підсистем на стадіях життєвого циклу

Проектування та розроблення СВ та ОВТ може розглядатися у двох аспектах [1 – 4, 23, 47, 54]:

- перспективний вибір напрямків, щодо формування параметрів виробу, які необхідні;
- оптимальний вибір процесів створення перспективних виробів, тобто управління процесами наукових досліджень і дослідно-конструкторських розробок у часі.

Для забезпечення необхідного рівня відповідності СВ або ОВТ у першому випадку необхідно забезпечити відповідний рівень характеристик функціональних підсистем при проектуванні об'єкта, другий – це оптимізація застосування ресурсів при обмеження їх у часі. Ефективне управління пов'язано з комплексним вирішенням проблем у часі.

Процеси проектування та розроблення СВ та ОВТ можна представити, як певну послідовність операцій, що виконуються. В результаті буде створено [2–4]: науково–технічна документація (НТД): технічна пропозиція, ескізний

проект, технічний проект, робоча конструкторська документація дослідного зразка (дослідної партії). Вихідною інформацією при проектуванні та розробленні СВ та ОВТ є технічне завдання (ТЗ) – документ, який визначає основне призначення, техніко–економічні та спеціальні вимоги до виробу (Tp_B), обсягу, склад та стадії розроблення конструкторської документації (рис. 3.3).

Зміст конкретного ТЗ, порядок його розроблення та затвердження узгоджують замовник і виконавець. Вимоги, що містить ТЗ визначають на основі попередніх результатів виконаних теоретичних досліджень та експериментальних робіт, аналізу інформації з патентної бази, стандартів та іншої науково–технічної документації, інформаційна про новітні досягнення у вітчизняній та зарубіжній галузях науки і техніки. При цьому застосовують методи наукового прогнозування та результати подальших перспектив розвитку ринку даного виду продукції, а також враховується досвід попередніх розробок та використання і технічного обслуговування аналогічної продукції. Структурна модель для здійснення декомпозиції, синтезу та вибору альтернативних перспективних багатокритеріальних варіантів $\Phi ПС_B$ (таблиця 3.1) на основі узагальнення, представлена у вигляді

$$\Phi ПС_B = \{H_0, \Phi_B, Str_B, X_{\Phi ПС_B}, I_B\}, \quad (3.29)$$

де H_0 – певна множина структурно–параметричних характеристик взаємодії $\Phi ПС_B$ із компонентами зовнішнього середовища;

Φ_B – необхідна множина функцій $\Phi ПС_B$;

Str_B – оптимальна структура забезпечення $\Phi ПС_B$;

$X_{\Phi ПС_B}$ – множина потрібних характеристик $\Phi ПС_B$;

I_B – вимоги, що містить ТЗ до $\Phi ПС_B$.

Для проведення аналізу та формування оптимальних характеристик СВ та ОВТ необхідно здійснювати визначення чинників, що впливають на їх значення [2, 32]. Проведення оцінки на верхньому та нижньому рівні характеристик СВ та ОВТ визначає вже на етапі проектування прийняття

оптимальних рішень щодо оптимального вибору раціональних технічних і технологічних параметрів для реалізації визначених функцій для конкретних умов використання.

Мінімальний рівень характеристик виробу K_1 визначає межу, нижче якої явна невідповідність, оскільки це вимоги і очікуванням споживача. Ці параметри визначають можливості проектно-конструкторської моделі виробу, що вже існує на ринку [2, 56].

$$K_1 = \frac{\sum_{i=1}^{i=S} k_{r_i} \varphi(i)}{\sum_{i=1}^{i=S} \varphi(i)}. \quad (3.30)$$

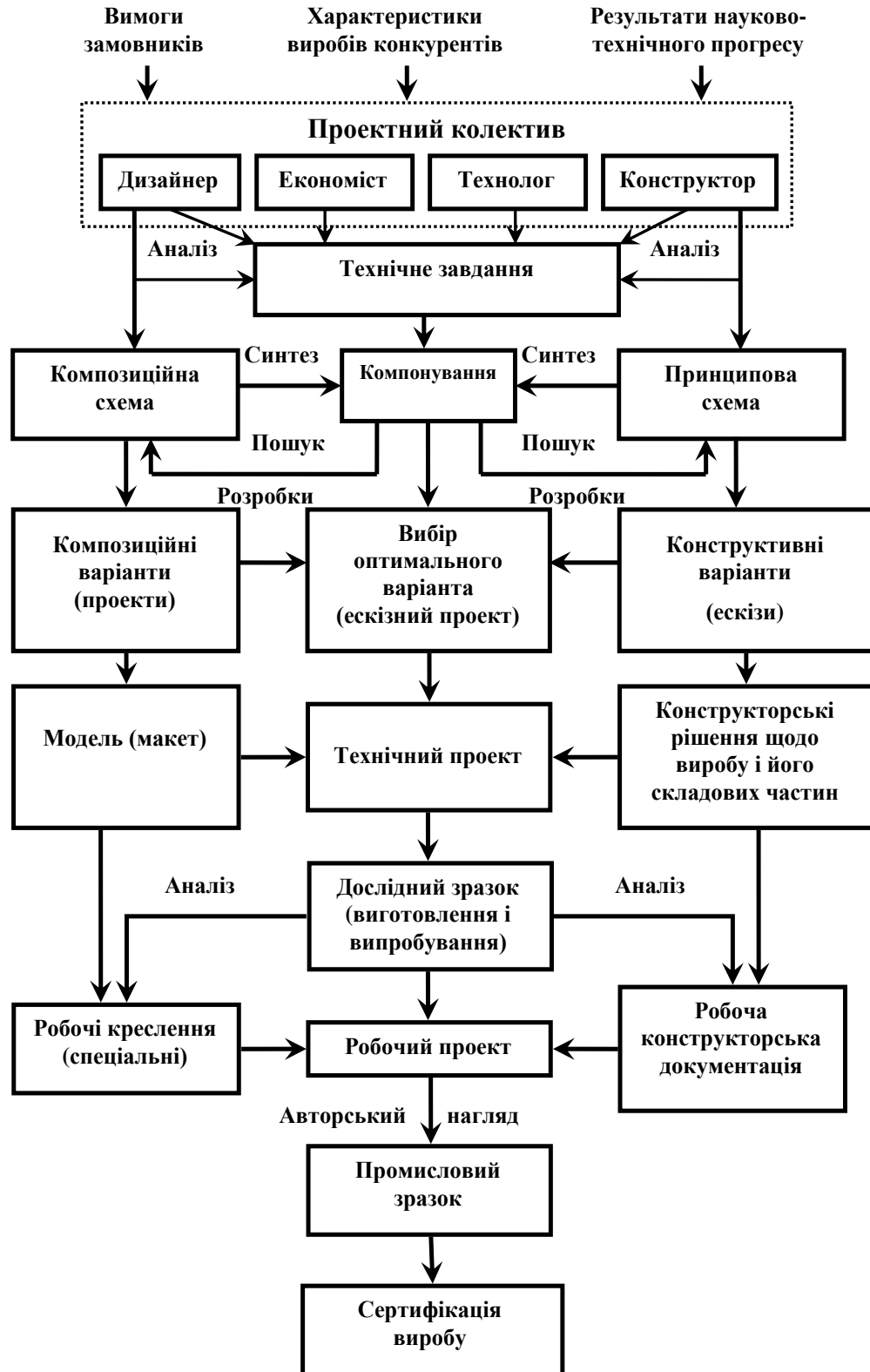


Рисунок 3.3 – Структура алгоритму робіт, які виконують у рамках технічного проекту

Таблиця 3.1 – Стадії формування характеристик ФПС_В

Стадії формування характеристик	
1	Знаходження характеристик СВ та ОВТ, які відповідають вимогам споживачів та задовольняють певні потреби ринку у відповідності з їх призначення (формується цільові функції виробу, необхідний опис їх структури характеристик, проводиться систематизація, здійснюється оцінка та відбір оптимальних рішень на основі попередньої експертизи)
2	Проводиться визначення цінності та важливості для кожної одиничної характеристики (відбувається ідентифікація мети формування ФПС _В , визначення класу задач, у межах яких розглядаються різні варіанти ФПС _В)
3	Проводиться порівняння характеристик виробів, що випускаються даним підприємством з відповідними характеристиками продукції, що випускається конкурентами та які існують потреби ринку
4	Проводиться визначення перспективних значень характеристик виробу (вибираються оптимальні варіанти ФПС _В)
5	Встановлюються певні умови, аналізуються фактори та причини, що можуть вплинути на дані характеристики та визначається їх рівень (проводиться оцінка та відбір оптимальних рішень на основі випробувань у лабораторіях та під час експлуатації)
6	Проводиться стратегічне планування для досягнення відповідності очікуваного рівня характеристик виробу вимогам (використовують технології під час виготовлення та контролю)
7	Здійснюється забезпечення перспективних значень характеристик виробу, що відповідають вимогам до нього з мінімальними витратами ресурсів (проводиться узгодження різних варіантів ФПС _В використовуючи критерії завдань проекту та відбір найбільш підходящого)

Максимальний рівень залежить від технічних та технологічних можливостей виробника (виконавця) K_2 . Критерій, що використовують на цьому рівні буде характеризувати нову проектно-конструкторську розробку відносно вже існуючих виробів конкретного виробника

$$K_2 = \frac{\sum_{i=1}^{i=S} k_{p_i} \varphi(i)}{\sum_{i=1}^{i=S} \varphi(i)}. \quad (3.31)$$

Формули (2.30) і (2.31) використовують параметри k_r , k_p , що є відношенням показників нової розробки до відповідних параметрів існуючих аналогів виробів для раціональних категорій та зворотні співвідношеннями – для нераціональних; $\varphi(i)$ – нормована функція ваги параметра в ранжированій послідовності.

Раціональний параметр визначається за формулою

$$k_{r_i} = \frac{X_i}{X_{0r_i}}; k_{p_i} = \frac{X_i}{X_{0p_i}}. \quad (3.32)$$

Формули для нераціональних параметрів ті ж самі, але наводяться у зредукованому вигляді, тобто у формі зворотних співвідношень

$$k'_{r_i} = \frac{X_{0r_i}}{X_i}; k'_{p_i} = \frac{X_{0p_i}}{X_i}. \quad (3.33)$$

Формули (2.32) і (2.33) показують X_i – характеристику виробу, що проектується; X_{0r_i} , X_{0p_i} – характеристики функціонально однорідних виробів тих, що існують на ринку, відповідно кращі моделі і моделі конкретного виробника [2, 3, 4]. Визначення функція, яка відповідає за нормування вагомості характеристик, здійснюються за загальними граничними умовами [23, 25, 26]:

- 1) при $i=1$ $\varphi(i)=1$;
- 2) при $i=\infty$ $\varphi(i)=0$;
- 3) при $i \rightarrow \infty$ $\lim \frac{\varphi(i+1)}{\varphi(i)} < a < 1$;
- 4) при $1 \leq i \leq \infty$ $|\varphi(i)| > |\varphi(i+1)|$;
- 5) при $1 \leq n \leq \infty$ $\sum_{i=1}^{i=n} [\varphi(i)_{n-1} - \varphi(i)_n]^n = \min$.

Нормуючу функцію в абсолютному $\varphi(i)$ та відносному $\varphi_0(i)$ записують у вигляді

$$\varphi(i) = \frac{i}{2^{i-1}}, \quad \varphi_0(i) = \frac{\varphi(i)}{\sum_{i=1}^{i=n} \varphi(i)} \quad (3.34)$$

де i – номер певної характеристики в ранжированій послідовності.

Семантична оцінка нової моделі може бути проведена при порівнянні критеріїв K_1 і K_2 із атестаційною шкалою (табл. 2.2) [2 – 4].

Таблиця 3.2 – Шкала щодо аналізу і оцінки ефективності проведення проектно-конструкторських робіт використовуючи параметричні джерела інформації

Об'єкт для порівняння	Критерії K_1 і K_2	Очікуванна перспективність нової розробленої моделі
Рівень конструкторської розробки, який визначається можливостями конкретного виробника	1,6 і більше	високий рівень
	1,59-1,4	середній рівень
	1,39-1,2	мінімальний рівень
	1,19-1	неперспективна модель
Рівень конструкторської розробки, який визначається конкуренцією на ринку	1,6 і більше	високий рівень
	1,59-1,4	середній рівень
	1,39-1,2	мінімальний рівень
	1,19-1	неконкурентоспроможна модель

На рис. 2.18 приведена можлива структура взаємозв'язкі процесів для проектування СВ та ОВТ [2 – 4], де $X_{\text{ФПСПр}}$ – характеристики функціональної підсистеми проектування (відповідно характеристики $\text{ФП}_{\text{КТС}}$, $\text{ФП}_{\text{ПО}}$, $\text{ФП}_{\text{ОП}}$); $X_{\text{ФПСВр}}$ – характеристики функціональної підсистеми виготовлення виробу; $I_{\text{ФПСВ}}$ – інформація щодо характеристик функціональної підсистеми виробу; $I_{\text{ТрВ}}$, $I_{\text{НДРтаДКР}}$, $I_{\text{КПВ}}$, $I_{\text{ТПВ}}$, $I_{\text{МТЗ}}$ – множина характеристик функціональних підсистем $X_{\text{ФПСВр}}$, $X_{\text{ФПСВ}}$, вимоги до яких наведені в ТЗ і реалізовані під час НДКР, КПВ, ТПВ, МТЗ; Тр_V^1 , Тр_V^2 , Тр_V^3 , Тр_V^4 – множина вимог до СВ та ОВТ, які повинні бути відповідно реалізовані при виконанні робіт НДР та/або ДКР, КПВ, ТПВ, МТЗ; $P_{\text{НДДКР}}^1$, $P_{\text{НДДКР}}^2$, $P_{\text{НДДКР}}^3$ – результати НДР та/або ДКР, які

використовуються відповідно на етапах КПВ, ТПВ, МТЗ; X_B^1 , X_B^2 – інформація КПВ, щодо необхідних для ТПВ, виготовлення, контролю, приймання, постачання, експлуатації виробу, включаючи ремонт; TB^1 – множина даних, які характеризують технологічні дії при виготовленні виробу.

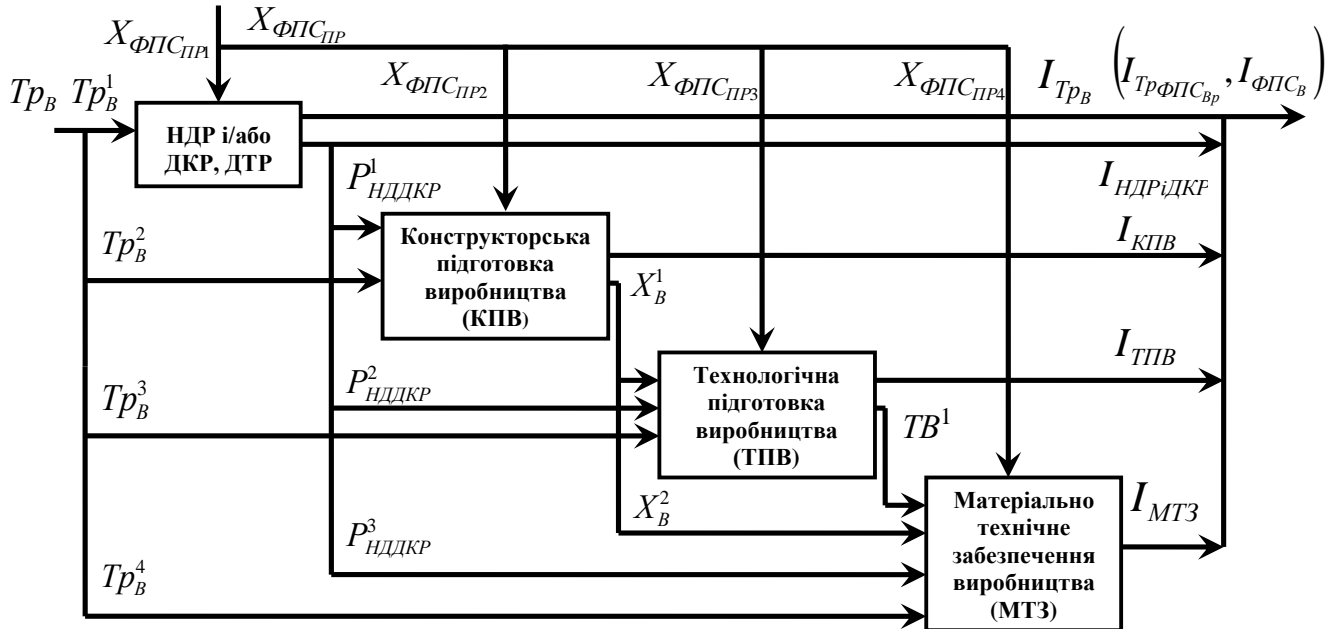


Рисунок 3.4 – Структурна схема взаємодії компонентів процесів під час проектування та розроблення СВ та ОВТ

Проектуванням складної технічної системи є ітеративний процес прийняття рішень із визначення сукупності функціональних підсистем $\Phi_{ПС_j}$, здатних виконати всі необхідні функції із подальшим визначенням сукупності засобів ($\Phi_{ПКТЗ_j}$, $\Phi_{ППЗ_j}$, $\Phi_{ПОП_j}$), з яких складаються названі підсистеми.

Функцію перетворення можна математично подати такими виразами:

$$\left. \begin{aligned} \varphi_{НДКР} &: Tr_B \rightarrow R_{НДКР}, \\ \varphi_{КПВ} &: R_{НДКР} \rightarrow X_B, \\ \varphi_{ТПВ} &: X_B \rightarrow X_{ФПС_{Вр}}, \\ \varphi_{МТЗ} &: X_{ФПС_{Вр}} \rightarrow X_P, \end{aligned} \right\} \quad (3.35)$$

де $\varphi_{НДКР}$ – відображення (перетворення) вимог до виробу Tr_B у результаті НДР та/або ДКР і ДТР $R_{НДКР}$;

$\varphi_{КПВ}$ – відображення (перетворення) на етапі КПВ результатів $P_{ндкр}$ у характеристики виробу X_B ;

$\varphi_{ТПВ}$ – відображення (перетворення) на етапі ТПВ характеристик виробу X_B у характеристики $X_{ФПС_{Br}}$ $\varphi_{MTЗ}$ – відображення (перетворення) на етапі МТЗ характеристик $X_{ФПС_{Br}}$ у характеристики використовуваних ресурсів X_P .

Вхідними даними для процесів проектування і розроблення продукції Tr_B є:

$$Tr_B = \{Tr_{B_{зам}}; Tr_{B_{з.с}}; Tr_{B_{П}}; Tr_{B_{з.тр}}; Tr_{B_{СТ}}; Tr_K; Tr_{B_{Вн.Вх}}\},$$

$$Tr_{B_{Вн.Вх}} = \{Tr_{B_{П.Ц}}, Tr_{B_{Потр}}, Tr_{B_{Техн.р}}, Tr_{B_{Компр}}, Tr_{B_{зв.з.}}, Tr_{B_{ПроцПр.}}, Tr_{B_{Вих}}\}, \quad (3.36)$$

де $Tr_{B_{зам}}$ – потреби і очікування замовників або ринку;

$Tr_{B_{з.с}}$ – потреби і очікування інших зацікавлених сторін;

$Tr_{B_{П}}$ – сприяння з боку постачальників;

$Tr_{B_{Вх.Пл}}$ – входи від користувачів для забезпечення якісного проектування і розроблення;

$Tr_{B_{з.тр}}$ – відповідні зміни законодавчих і регламентуючих вимог;

$Tr_{B_{СТ}}$ – міжнародні та національні стандарти;

Tr_{B_K} – промислові кодекси сталої практики;

$Tr_{B_{Вн.Вх}}$ – внутрішні входи, такі, як: $Tr_{B_{П.Ц.}}$ – політика та цілі;

$Tr_{B_{Потр}}$ – потреби і очікування працівників організації, включаючи тих, які отримують виходи цього процесу;

$Tr_{B_{Техн.р}}$ – технологічні розробки;

$Tr_{B_{Компр}}$ – вимоги до компетентності працівників, які проектують і розробляють;

$Tr_{B_{зв.з}}$ – інформація зворотного зв'язку, отримана з попереднього досвіду;

$Tr_{B_{Процпр}}$ – протоколи і дані щодо наявних процесів і продукції;

$Tr_{B_{Вих}}$ – виходи інших процесів.

Вихідні дані процесу проектування і розроблення містять таку інформацію:

$$I_{\Phi ПС_B} = \left\{ I_{Tr_B}; I_{Tr_{\Phi ПС_{Bp}}}; I_{Tr_S}; I_{Tr_{Bp}}; I_{Tr_{BPP}}; I_{Tr_{EKC}}; I_3 \right\}, \quad (3.37)$$

де I_{Tr_B} – інформація, що містить вимоги до виробу (технічні умови на продукцію, у тому числі критерії приймання);

$I_{Tr_{\Phi ПС_{Bp}}}$ – інформація, що містить вимоги до функціональної підсистеми виготовлення виробу;

I_{Tr_S} – інформація, що містить вимоги до матеріалів і комплектуючих для виготовлення виробів;

$I_{Tr_{Bp}}$ – інформація, що містить вимоги до умов виготовлення;

$I_{Tr_{BPP}}$ – технічні умови на випробування;

$I_{Tr_{EKC}}$ – інформація, що містить вимоги до умов експлуатації виробу;

I_3 – інформація для користувачів і замовників.

Вихідні дані проектування і розроблення порівнюють із вхідними для отримання об'єктивного доказу ефективного й результативного задоволення вимог до процесів і продукції. Сучасні процеси проектування і розроблення продукції здійснюються функціональними підсистемами проектування $\Phi ПС_{пр}$, які представляють програмно–методичні комплекси (ПМК) систем автоматизованого проектування (САПР). Автоматизації також підлягають задачі оперативного планування і обліку матеріальних ресурсів, таких, як:

розрахунок потреби у сировині, матеріалах, напівфабрикатах, комплектуючих виробих за відповідними замовленнями; укладання договорів на постачання необхідної продукції; формування, контроль і аналіз графіка постачання. Згідно з [2] ПМК САПР – взаємозв’язана сукупність компонентів програмного, інформаційного та методичного забезпечення системи автоматизованого проектування (включаючи за необхідності компоненти математичного і лінгвістичного забезпечення), необхідна для отримання закінченого проектного рішення щодо об’єкта проектування або виконання уніфікованої процедури.

Функціональна підсистема проектування $\Phi ПС_{пр}$ містить такі елементи:

- CAE – Computer Aided Engineering (автоматизовані розрахунки і аналіз);
- CAD – Computer Aided Design (автоматизоване проектування);
- CAM – Computer Aided Manufacturing (автоматизована технологічна підготовка);
- PDM – Product Data Management (управління проектними даними);
- SCM – Supply Chain Management (управління ланцюжками постачань);
- CRM – Customer Relationship Management (управління відносинами із замовниками).

Наведені елементи є інтегрованими автоматизованими системами, тобто функціонування однієї з них залежить від результатів функціонування іншої (інших) так, що цю сукупність можна розглядати як єдину $\Phi ПС_{пр}$. Ефективність виконання функції проектування визначається характеристиками $X_{\Phi ПС_{пр}}$, які, у свою чергу, багато в чому залежать від характеристик груп технічних, програмних засобів і оперативного персоналу, що беруть участь у виконанні даної функції (рис. 2.19). КТС є сукупністю взаємозв’язаних єдиним керуванням технічних засобів збору, накопичення, обробки, передачі, виведення і представлення інформації при вирішенні завдань проектування. Засоби програмної обробки даних представлені процесорами і запам’ятовувальними пристроями тобто персональними комп’ютерами (ПК), в яких реалізуються перетворення даних і програмне керування обчисленнями. Засоби підготовки, введення, відображення і документування даних використовуються для спілкування користувача з ПК. Засоби архіву проектних

рішень представлені зовнішніми запам'ятовувальними пристроями – серверами. Засоби передачі даних (мережа) використовуються для організації зв'язків між територіально рознесеними ПК.

До сьогодні склалися дві основні форми організації технічного забезпечення (форми використання технічних засобів): централізована і частково або повністю децентралізована. Централізоване технічне забезпечення базується на використанні в інформаційній системі серверів баз даних і застосувань. Децентралізація технічних засобів передбачає реалізацію функціональних підсистем на ПК безпосередньо на автоматизованих робочих місцях (АРМ). Перспективним вважають частково децентралізований підхід – організацію технічного забезпечення на базі розподілених мереж, що складаються з ПК і серверів для зберігання баз даних, спільних для будь-яких функціональних підсистем (рис. 2.20). Згідно з [9] програмне забезпечення – сукупність програм системи обробки інформації та програмних документів, необхідних для їх експлуатації. Для багаторазового використання і застосування різними користувачами комплекс програм забезпечує обробку або передачу даних і призначень. За видами виконуваних функцій програмне забезпечення поділяють на загальне і спеціальне.

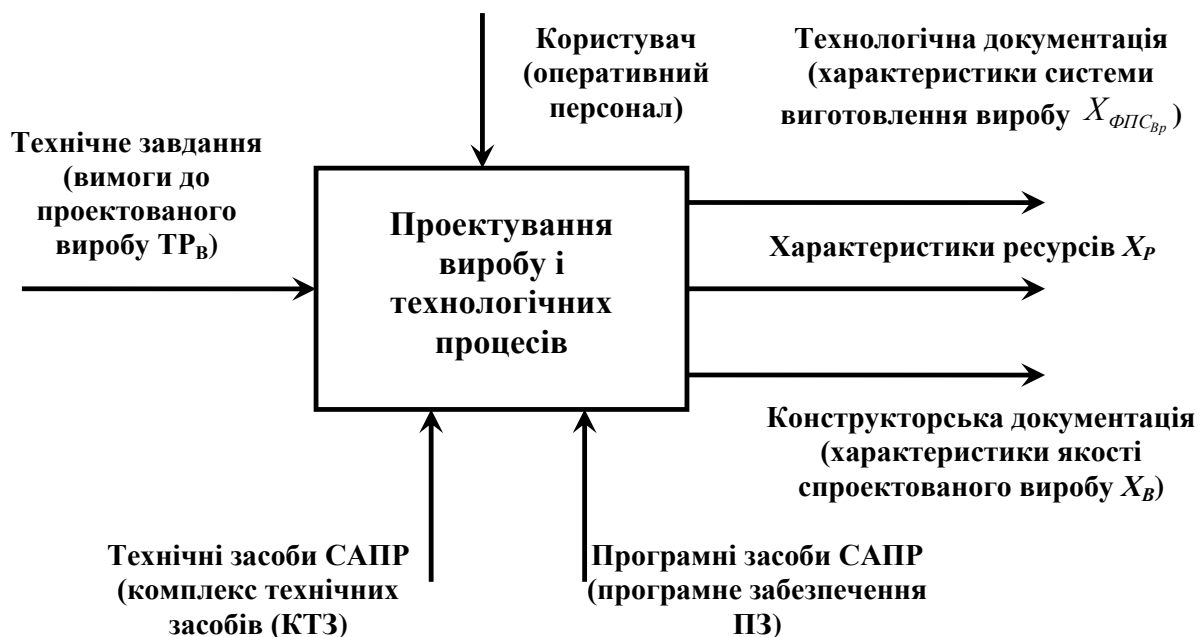


Рисунок 3.5 – Загальна схема процесу проектування і розроблення СВ та об'єкти військової техніки засобами САПР

Загальне ПЗ є сукупністю програмних засобів, призначених для організації обчислювального процесу і розв'язування задач, що часто застосовуються, обробки інформації, що розроблені поза зв'язком із даною автоматизованою системою. Воно використовується для розширення функціональних можливостей ПК, контролю і керування процесом обробки даних. Спеціальним програмним забезпеченням є сукупність програм, розроблених при створенні даної САПР. Оперативний персонал САПР охоплює користувачів технічних засобів і програмного забезпечення: конструкторів, технологів, експлуатаційний персонал, які реалізують обслуговування КТЗ і ПЗ. При цьому формується єдиний інформаційний простір, в якому створюється і підтримується електронна модель виробу впродовж усього його ЖЦ. Процес створення виробу охоплює паралельне проектування конструкції і технології, що дозволяє поєднати роботи на етапах КПВ, ТПВ і МТЗ.

При автоматизованому проектуванні використовується програмно-алгоритмічне забезпечення. Бази даних $\Phi ПС_B$ і $\Phi ПС_{BP}$ використовуються як розробниками основного виробу, так і розробниками постачальників компонентів. Бази даних розробок існують у формі компонентів у постачальників та/або у формі концепцій, реалізованих раніше на самому підприємстві. Інтегровані результати КПВ, ТПВ і МТЗ – проект виробу реалізується на етапі виготовлення.

Основними факторами, що впливають на розроблення нових виробів та модернізацію тих, що вже виготовляють та використовують, є вимоги відповідних функціональних підсистем на стадіях ЖЦ СВ та ОВТ – B_1^2 та можливості M_1^2 споживачів та замовників, що направлені до функціональних підсистем проектування, та вимоги B_1^3 і можливості M_1^3 до функціональних підсистем виготовлення. Такі вимоги і можливості характеризуються певними параметрами, що визначаються на данний моменту часу і надалі динамічно можуть змінюватися і трансформуватися. Функціональна підсистема, що реалізує процеси на стадії проектування формує запити B_2^1 і можливості M_2^1 ,

які спрямовані на постіне вдосконалення функціональних підсистем експлуатації, а також вимоги B_2^3 та можливості M_2^3 , які спрямовані на розвиток функціональних підсистем виготовлення. Функціональна підсистема виготовлення створює вимоги B_3^1 і можливості M_3^1 , спрямовані на розвиток функціональної підсистеми проектування, а також запити B_3^2 та можливості M_3^2 спрямовані на розвиток функціональної підсистеми експлуатації.

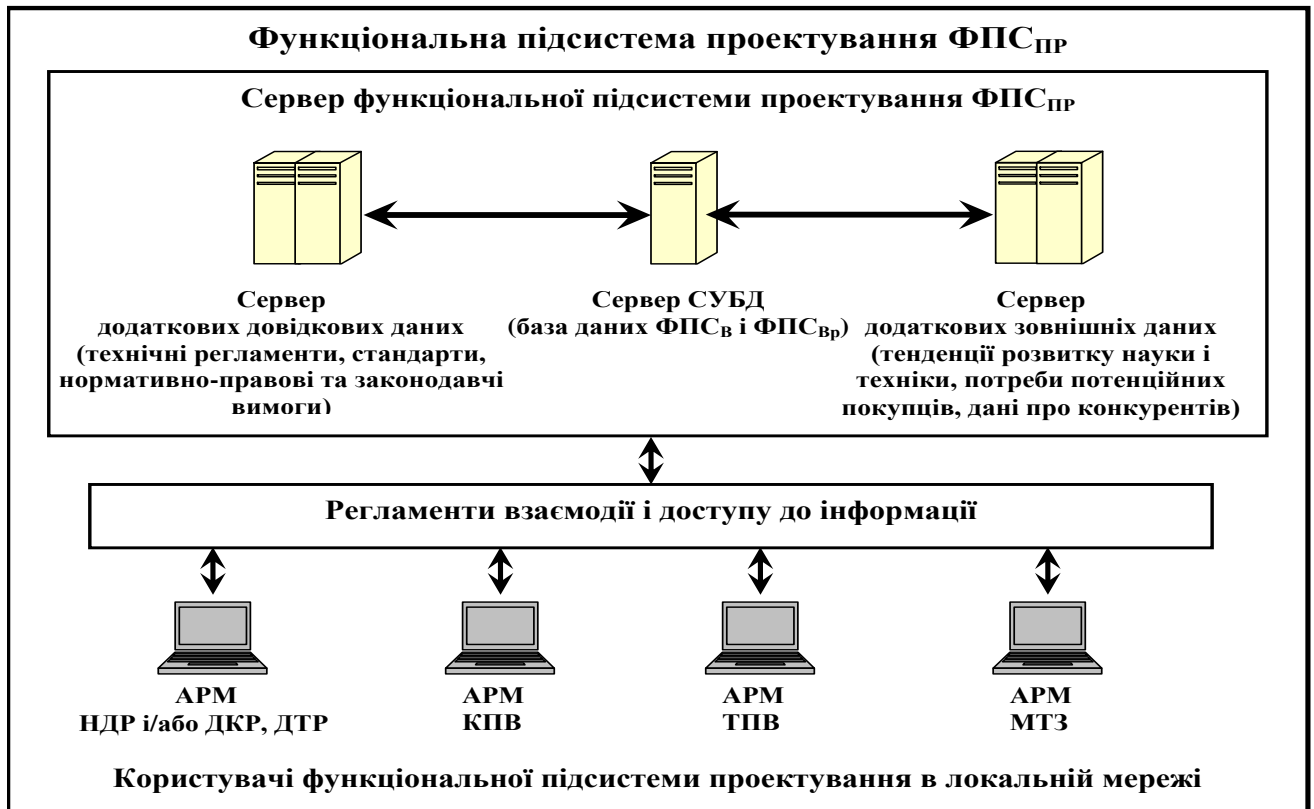


Рисунок 3.6 – Схема, що описує структурно-організаційна модель функціональної підсистеми проектування ФПС_{пр}: АРМ НДР та/або ДКР, ДТР, КПВ, ТПВ, МТЗ

Висновки

1. У процесі впровадження процесів під впливом внутрішніх і зовнішніх факторів відбувається поступова та безперервна (еволюційна) зміна структури процесів. У цьому випадку пропонується дослідити систему процесів у кількох напрямках:

– представлення складних систем процесів як взаємопов'язаного набору підсистем різного ієрархічного рівня, побудова ієрархії завдань оптимізації з

відповідним обміном інформацією за часом та рівнями; тобто, так званий ієрархічний підхід;

- розробка спеціальних підходів та методів обліку інформаційної невизначеності, аналізу та прийняття рішень;
- розробка ігрових підходів, включаючи ігри з суперечливими інтересами та прийняття колективних рішень;
- розробка методів багатокритеріальної оптимізації, методів експертної оцінки тощо.

2. Показано, що завдяки застосуванню процесного підходу до управління організацією можна значно покращити її діяльність. Практична реалізація технологічного підходу в системі управління якістю дозволяє:

- скласти перелік основних бізнес-процесів та зробити висновки щодо раціонального використання ресурсів, чисельності та завантаженості персоналу тощо на основі отриманих даних;
- виявити відсутні і дублюються бізнес-процеси та внести відповідні корективи;
- визначити перелік функцій кожного підрозділу організації; • встановити взаємозв'язок між відділами та функції, що виконуються в них. В результаті впровадження технологічного підходу та опису процесів буде встановлено порядок та відповідальність за виконання робіт, усуваються недоліки у здійсненні процесів, покращується якість виконання процесів. . Переорієнтація організацій на управління процесами дозволить виробникам компресорного обладнання виживати та розвиватися в умовах сучасного світу.

3. Використовуючи моделі функціональних підсистем СОТС і залежності характеристик СВ та ОВТ від виробничих факторів розроблено нові та вдосконаленні наявні засоби і методи вибору раціональних діапазонів характеристик СВ та ОВТ, які використовують множину типів компонентів ($\Phi\Pi_{КТЗ}$, $\Phi\Pi_{ПЗ}$, $\Phi\Pi_{ОП}$) для проектування, виготовлення та експлуатації, що доводить можливість простежувати послідовну зміну їх стану на стадіях ЖЦ.

4. Запропонована модель функціональної підсистеми виготовлення СВ та ОВТ, яка уособлює собою взаємодію комплексів елементів забезпечення, що виділені з її загального складу за ознакою приймання участі у виконанні певної функції для забезпечення відповідності вимогам при переході із поточного в заданий (той що розглядається) багатоструктурний багатоелементний макростан реалізації перетворень інформаційних, енергетичних та матеріальних ресурсів.

5. Удосконалена методика, яка за допомогою комплексного параметра – класифікуючої функції дозволяє оцінювати поточний стан технічного забезпечення функціональних підсистем при виготовленні та використанні в умовах механічної обробки різанням матеріалів. При знаходженні комплексного показника застосовується аналітична залежність, яка системно враховує інтегральний і диференціальний показники діагностичних ознак.

6. При застосуванні моделей виробничих функцій удосконалена методика для оцінки ефективності сумісної взаємодії функціональних підсистем, які можуть самостійно застосовувати свої результати під час проектування, виготовлення та експлуатації. Це дозволяє визначати умови для ефективного поводження та реалізації самоорганізації процесів при забезпеченні відповідності об'єктів СВ та ОВТ як відкритої динамічної інформаційної системи та використовувати методи синергетичного підходу та принципи термодинаміки незворотних процесів для аналізу виробничих процесів і моделей управління якістю.

7. При визначенні функції випуску продукції використано узагальнену функцію бажаності. Перевагою даної методики є потенційна можливість застосовувати перехід до безрозмірних параметрів. Їх значення визначають на основі вже відомих статистичних, експертних та інших типів даних щодо процесів проектування, виготовлення та експлуатації СВ та ОВТ у минулому та майбутньому. Ефективне прийняте рішення регламентується необхідним рівнем бажаності, що приймається для кожного конкретного процесу, який моделюють на основі забезпечення раціональних умов його функціонування при формуванні необхідних характеристик виробу.

8. Розроблений алгоритм формування оптимальних параметрів виробничих функцій F , G , Q , який є інтегрованим результатом взаємодії всіх елементів функціональних підсистем при забезпеченні відповідності СВ та ОВТ вимогам під час проектування, виготовлення та експлуатації. Такий підхід дозволяє одночасно приймати рішення при розв'язанні завдань адаптивного багатокритеріального вибору при аналізі даних про системи, що отримані ззовні, так і програм їх реалізації і у різних умовах.

4. РОЗРОБКА СИНЕРГЕТИЧНОЇ МОДЕЛІ ІНТЕГРАЦІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПІДСИСТЕМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИГОТОВЛЕННЯ

4.1 Синергетичний підхід до організації процесів проектування, виготовлення та експлуатації складних виробів

Аналіз сучасних літературних джерел щодо питання вивчення складних керованих систем [3, 12, 17, 27, 39, 41] дозволяє стверджувати, що сьогодні існує єдина системна база дослідження [3, 42], до якої входять методи, що дозволяють оцінити робастну стійкість, провести ідентифікацію, оцінювання, синтез керування з наступними методологічними положеннями теорії позиційних ігор: принципи гарантованого результату [47] і динаміки множини позицій. Останні подаються у формі диференціальних і різницевих включень [41, 49, 51]. Для низки динамічних процесів створені регулярні методи аналізу систем та синтезу керувань [24, 26]. Особливістю цих процесів є те, що їх обмеженням змішаного типу є замкнута опукла множина. Самі системи, які породжують ці процеси, мають властивості лінійного відображення цієї опуклої множини на диференціальні включення. Евристичні методи аналізу та пошуку розв'язку через використання комп'ютерного моделювання продовжують бути пріоритетними при аналізі та синтезі керування складними активними системами з істотно нелінійними системами диференціальних рівнянь [22, 25, 26].

Звертають на себе увагу низка праць [3, 10, 18, 19, 21], в яких зроблений акцент на основах термодинамічного підходу до завдань щодо управління і аналізу систем, перерозподілу ресурсів, математичному програмуванню та теорії інформації. Виходячі з існуючих потреб найбільшу актуальність мають дослідження колективної поведінки, яка має відношення до самоорганізації різноманітних систем, у тому числі фізичних, біологічних та соціальних [22, 25, 37]. До однієї з важливих груп належать динамічні системи з точно визначеним поняттям стану як сукупністю деяких величин у даний момент часу та заданим законом, який описує еволюцію початкового стану у часі [28, 33, 36, 39]. Прогнозування майбутнього динамічної системи за початковим станом можливо у відповідності до цього закону, який називають «законом еволюції» [3, 5, 7, 10, 21]. Особливим класом є «автоколивальні системи» [3]. Цікавим є

те, що переважна більшість реальних систем є відкритими та складними. Вони містять безліч елементів, які мають щільний взаємозв'язок із зовнішнім середовищем. Кожен з цих елементів також можна віднести до складної системи. Особливий інтерес викликають складні системи, які схильні до самоорганізації.

Завдяки вдалим теоретичним фізичним дослідженням у 70–тих рр. ХХ століття набула розвитку теорія складних систем, які мають тенденцію до самоорганізації. Результати цих досліджень, що стосуються колективної поведінки у відкритих нелінійних системах різної природи, які мають стан далекий від рівноваги, привели до появи нового наукового напрямку – «синергетики» (від грецьк. *synergeia* – спільна дія). Термін «синергетика» був запропонований Г. Хакен - засновником вказаного напрямку [3]. Головною тезою «синергетики» є те, що спільне функціонування елементів системи має вищу ефективність, ніж сумована ефективність функціонування ізольованих елементів. Синергетика виникла як результат роботи різних шкіл [3]: брюссельської Пригожина І., яка вивчає самоорганізацію у фізичних/хімічних процесах [5]; Хакена Г., що досліджує функціонування лазерів; Арнольда В. І. і Тома Р., яка розробляла математичну модель для опису катастрофічних процесів; Самарського А.А. і Курдюмова С.П., яка описує теорію самоорганізації на основі числового експерименту; біофізичної Волькенштейна М. В. і Чернавського Д. С. У відповідності до основних положень синергетики[7], самоорганізованими системами є ті, що без зовнішньої специфічної дії знаходять особливу макроскопічну часову, просторову або/та функціональну структуру. До специфічної зовнішньої дії належить та, яка нав'язує системі певну структуру або функцію. Саме у разі самоорганізації система відчутно підлягає впливу зовнішньої неспецифічної дії.

Нелінійність, відкритість, когерентність – це головні властивості систем, що самоорганізуються. Відкриті системи підтримуються в необхідному стані за рахунок безперервного зовнішнього надходження речовини, енергії або інформації. На противагу замкнутим системам саме таке надходження є необхідною умовою існування нерівноважних станів, які, у відповідності до другого постулату термодинаміки, прямують до однорідного рівноважного стану. Відкриті системи є незворотними. Для таких систем фактор часу є

важливим. Крім того, випадкові чинники і флуктуаційні процеси можуть відігравати ключову роль [8].

До основних понять «синергетики» належать: точка біфуркації [20], атрактор [37, 47, 50] та дисипативні процеси і фрактали [2, 18]. Точка біфуркації – це точка, в якій відбувається «катастрофа». Це момент нестійкості, в якому система обирає подальший шлях еволюції. В теорії самоорганізації термін «катастрофа» означає стрибкоподібні якісні зміни, які є результатом повільної зміни зовнішніх умов. Поряд із цією точкою спостерігається зростання впливу незначних випадкових флуктуацій (часових відхилень), що може призвести до переходу системи від області тяжіння одного атрактора до області тяжіння іншого [51]. Синергетика стверджує, що стан хаосу для системи не є шкідливим і руйнівним. Множина точок фазового простору, до яких спрямована хаотична система у процесі еволюції – це атрактор (attract у перекладі з англійської означає "притягувати") [13, 32, 53]. Математично атрактори – це граничні значення рішень диференціальних рівнянь. Анрі Пуанкаре розробив відповідний апарат для їх визначення. Термодинамічно атрактор описує стан динамічної рівноваги. Це стаціонарний та сталий режим розвитку системи. У процесі такого розвитку впродовж часу при безперервному надходженні і дисипації енергії та речовини її ентропія значно не змінюється [12, 15, 23, 31, 44].

На думку вчених [52], експоненційна нестійкість траєкторії є основним критерієм «дивності» атрактора. Цей термін багато в чому схожий з уявленнями про стаціонарні випадкові процеси. Він був відразу затверджений та сприйнятий дослідниками, натеперішній час використовується для позначення математичного зображення режиму нерегулярних коливань для детермінованих динамічних систем [24].

Синергетика все більше впливає на різні сфери діяльності. Вона викликає все більший інтерес. Цікавим фактом є введення поняття «механотроніка» [32, 34, 38, 58]. Існує досить широке коло задач, яке розглядається в її межах. З позицій теорії самоорганізації більшість з них розглядаються вперше.

Методами синергетики у працях Олемського О. І. [1, 2, 56] наводяться результати моделювання самоорганізації різних складних систем [2, 45]. Макроекономічна модель Чернавського Д. С. має важливе значення для

формування уявлень про вплив синергетичних перетворень на еволюцію економіки [33]. Така модель описує динаміку системи. В ній число стійких особових точок (ринкових рівноваг) буде змінюватися при зміні значення керуючого параметра. У літературі показано, як синергетика досліджує загальні закономірності еволюції систем різної природи. Синергетика здатна описувати еволюцію систем в загальній формі, абстрагуючись від специфічної їх природи. Принципи синергетики стають доступними для розуміння представниками інших галузей [49].

Синергетичний підхід застосовують для пошуку загальних об'єктивних законів управління. Синергетичного підхід відрізняється від класичної теорії управління постановкою задач. Режими поведінки нелінійних динамічних систем описується принципово новими поняттями: біфуркація та фазові переходи; атрактори; визначенність та неоднозначність завдань управління та ін. Введення таких принципово нових для теорії управління понять, які у своїй суті відображають фізичну природу управління різними процесами, викликана тим фактом, що існує фундаментальне розуміння виникнення дисипативних просторово–часових структур у фазовому просторі сучасних складних динамічних систем [2, 59]. Такі структури характерні для макроскопічного рівня опису поведінки нелінійних систем, які самоорганізуються. Для дисипативних структур є можливість наділити систему якісно новими властивостями, що не притаманні її окремим елементам.

В останні роки встановлена підвищена сприйнятливність різних систем та процесів до початкових умов. Це, як правило, призводить до їх хаотичної поведінки. Результати математичних розрахунків нелінійних динамічних систем число ступенів вільності, яких більше двох, показують що їх поведінка стає непередбачуваною на значному інтервалі часі. Будь–яка неточність, що пов'язана з визначенням початкового стану буде експоненційно зростати у часі і призведе до втрати інформації.

При моделюванні складних систем, які мають багато ступенів вільності, за допомогою синергетичного підходу, виділяють три параметри: параметр порядку, сполучене поле та керуючий параметр. Досвід застосування такого підходу базується на тому, що певні закономірності поведінки складних систем можуть бути досліджені за допомогою відносно простих диференціальних

математичних рівнянь, що мають невелике число змінних. Чутливість поведінки відкритих нелінійних систем досліджував Едвард Лоренц за допомогою динамічної моделі, що складалася із системи трьох нелінійних диференціальних рівнянь [2, 60]. Дослідження системи Лоренца демонструє кінетичну картину поведінки макроскопічної системи при взаємодії її елементів [61]. Проведені численні дослідження [2, 62, 65] розв'язання системи рівнянь Лоренца доводять можливість їх застосування для моделювання інших систем.

Досліджено, при зміні значення керуючого параметра для багатьох систем, на який впливають зовнішні умови, відбувається перехід від режиму порядку до хаосу. Ця універсальна поведінка описує звичайні фазові переходи другого роду. Інтерес дослідників до кінетики фазових переходів в останні роки помітно зростає [2, 14]. Основною умовою, для моделювання змін просторово–часових станів системи під час фазового переходу, є скейлінгова гіпотеза. Вперше використана для моделювання критичної області [23].

Були проведені дослідження ЖЦ СВ за допомогою синергетичного підходу [1, 2]. Результати є перспективними для розвитку сучасних інформаційних систем (PLM – технологій) [2, 35, 37]. Під час моделювання ЖЦ СВ та ОВТ представляють у вигляді ієрархії автономних самоорганізованих СОТС, що виконують процеси проектування, виготовлення та експлуатації. Застосовуючи основні принципи та положення термодинаміки незворотних процесів визначено умови для ефективної реалізації і самоорганізації відкритої системи процесів ЖЦ СВ та ОВТ [60]:

а) відкритість складної системи ЖЦ СВ та ОВТ, що допускає: постійний вплив негативної ентропії (інформації); наявність зворотних зв'язків між зовнішнім середовищем та системою процесів на стадіях ЖЦ, принаймні через підсистеми маркетингу і технічного обслуговування;

б) відхилення параметрів стану системи від рівноваги, що моделюється за допомогою нелінійних рівнянь (характеризує складну динаміку систем), підтверджуються невизначеністю інформації про поточний характер ринкових зв'язків, ймовірністю статистичних впливів на розвиток ситуації та встановлено багатьма дослідниками процесів ЖЦ;

в) рівень організованості відкритої виробничої системи визначається колективною погодженістю різних елементів підсистем та системи у цілому і характеризується зміною ентропії на всіх стадіях життєвого циклу СВ та ОВТ.

При виконанні цих умови кінцевий стан процесів ЖЦ СВ та ОВТ є упорядкованим. На досліджувані складні відкриті систем ЖЦ СВ та ОВТ накладені зовнішні зв'язки, які визначаються кількістю енергетичних, інформаційних та матеріальних потоків. Якщо параметри одного з них змінюються, то виникає нестійкість, і система процесів ЖЦ переходить у новий стан. Поведінка системи процесів ЖЦ у багатьох випадках розглядається в таких точках нестійкості. Поточний стан системи процесів ЖЦ залежить від динамічної зміни небагатьох макроскопічних показників (параметр порядку, сполучене поле та керуючий параметр), які визначають поведінку макроскопічну структуру. Динамічний стан окремих частин системи процесів ЖЦ визначається цими параметрами за принципом підпорядкування. В результаті зміни цих параметрів система процесів ЖЦ отримує іншу свою структуру – самоорганізовується. Особливо важливим для системи процесів ЖЦ СВ є взаємодія множини окремих елементів, які знаходяться на різних ієрархічних рівнях та допускають своє моделювання на основі характерних моделей простору станів, що враховують змінні і параметри цих рівней. Якщо змінюється керуючий параметр системи процесів ЖЦ СВ вона переходить із поточного стану до нового більш ефективного.

Результати досліджень показують, що система процесів ЖЦ СВ повинна розроблятися з урахуванням подальшого технічного та технологічного розвитку й адаптивності до зовнішніх і внутрішніх умов середовища. Існує ризик короткострокового планування, що ґрунтується на безпосередній екстраполяції минулого досвіду. Тоді, як головним джерелом, що допомагає системі процесів тривалий час виконувати свої функції, відновлюватися та розвиватися, є її адаптаційні можливості, які проявляються при динамічній зміні. Для моделювання поведінки системи процесів ЖЦ СВ та ОВТ достатньо дослідити зміну тільки параметру порядку. Застосування основних закономірностей процесу самоорганізації показує ефективність формування системи процесів ЖЦ СВ та ОВТ таким чином, щоб утворювалися необхідні структури (стаціонарні або змінні з часом).

Застосовувані принципи дають можливість досліджувати поведінку системи процесів ЖЦ СВ та ОВТ від непередбачуваної до спрямованого руху вздовж бажаних атракторів, яким підпорядковуються всі інші змінні динамічної системи [2]. Такий підхід визначає спрямовану самоорганізацію системи процесів ЖЦ СВ та ОВТ, при якій мета – атрактор – визначає характер процесу, а його опис включає самоуправління до спрямованої самоорганізації відповідно до встановленої мети. Виникає задача описати математично перехід від загальних синергетичних принципів до кількісних співвідношень, що описують поведінку системи процесів ЖЦ СВ та ОВТ.

4.2 Алгоритм вибору ефективних режимів реалізації сумісного функціонування процесів проектування, виготовлення та експлуатації

Слід зауважити, що спільна взаємодія процесів, як проектування, виготовлення, експлуатації машинобудівного виробу, що має виробничо-технічного призначення, є відкритою системою (рис. 4.1). Рух функціональних підсистем проектування, виготовлення та експлуатації, як складових такої системи, у напрямку стаціонарного стану має матеріальне, енергетичне та інформаційне забезпечення. При взаємодії системи з зовнішнім середовищем ці потоки також діють усередині системи.

При створенні завдання щодо синергетичного моделювання враховується така характеристика, як величина тривалості τ (час виконання) і відповідні функції випуску продукції Y (F , G , Q). Вони характеризують процеси проектування, виготовлення та експлуатації.

У разі константної кількості ресурсів при виконанні процесу, інтенсивність буде мати сталі значення. При зміні значень, що характеризують кількості ресурсів, тривалість та інтенсивність процесу бути змінними величинами. У цьому випадку наступне відношення (4.1) визначає швидкість виконання процесу за одиницю часу:

$$dI = \frac{dY}{d\tau} \quad (4.1)$$



Рисунок 4.1 – Відкрита система ЖЦ машинобудівного виробу

У відповідності до положень синергетичного підходу самоорганізація систем описується самоузгодженими рівняннями. Вони пов'язують швидкість виконання процесів проектування $dF/d\tau$, виготовлення $dG/d\tau$ та експлуатації $dQ/d\tau$ зі значеннями функцій випуску продукції F , G , Q . Ці функції розглядають у якості керуючого параметру, сполученого поля і параметру порядку відповідно.

Аналіз результатів проведених досліджень вказує на те, що через нові конструкторсько-технологічні ідеї та розробки можливості функціональної підсистеми проектування $\Phi ПС_{ПР_j}$ безпосередньо впливають на характеристики машинобудівного СВ X_{B_j} . Саме її існування є однією з необхідних умов створення виробу. Саме тому виробничу функцію F розглядають як керуючий параметр. Визначення ефективності реалізації характеристик машинобудівного СВ $X_{\Phi ПС_{B_j}}$ відбувається під час його експлуатації. Цілі та завдання, які виникають на цьому етапі, генерують вимоги до функціональної системи проектування $X_{\Phi ПС_{ПР_j}}$. Таким чином, функцію випуску Q слід розглядати як параметр порядку, який визначає вибір можливостей процесу проектування і розроблення нових виробів. Крім того, цей параметр характеризує відповідний вибір можливостей модернізації виробів, існуючих на даний момент часу t . Відповідно до функції функціональної підсистеми виготовлення $\Phi ПС_{B_j}$ – G

зводиться сполучене поле. Результатом є те, що задача полягає у вираженні швидкостей зміни $\dot{Q}, \dot{G}, \dot{F}$ зазначених величин через їх значення Q, G, F . Виходячі з того, що поведінка параметра порядку $Q(t)$ є основною, а також вона підпорядковує поведінку сполученого поля $G(t)$ і керуючого параметра $F(t)$, рівняння для швидкості його зміни \dot{Q} у лінійній формі має наступний вигляд:

$$\tau_Q \dot{Q} = -Q + a_Q G. \quad (4.2)$$

Перший доданок у правій частині (4.2) дозволяє врахувати релаксацію функції підсистеми експлуатації до нульового значення за час τ_Q . Другий описує лінійну реакцію швидкості зміни \dot{Q} у разі зростання поля G ($a_Q > 0$ — константа зв'язку). Після цього рівняння для сполученого поля має вигляд

$$\tau_G \dot{G} = -G + a_G QF, \quad (4.3)$$

де перший доданок знову має релаксаційну природу (із характерним часом τ_G). Другий — характеризує позитивний зворотний зв'язок виробничої функції підсистеми експлуатації й функціональної підсистеми проектування з швидкістю зміни сполученого поля ($a_G > 0$ — константа зв'язку). Зростання сполученого поля (функції випуску підсистеми виготовлення) обумовлений саме цим зв'язком. Він також є причиною, яка спонукає до самоорганізації. Релаксацію функції випуску підсистеми проектування F може бути описане останнім із самоузгоджених рівнянь. Вказана функція відіграє роль керуючого параметра:

$$\tau_F \dot{F} = (F_e - F) - a_F QG. \quad (4.4)$$

На відміну від (4.2), (4.3) перший доданок у (4.4) описує релаксацію параметра F до кінцевого значення F_e , а не до нуля. Він залежить від зовнішньої дії (τ_F — характерний час релаксації; $a_F > 0$ — константа зв'язку).

Негативний зворотний зв'язок між параметром порядку та сполученим полем (для синергетичних фазових переходів) зменшує стаціонарне значення керуючого параметра у порівнянні з його величиною, яка зафіксована зовнішньою дією. Відповідно позитивний зв'язок між вказаними параметрами (параметром порядку і керуючим параметром) сприяє зростанню сполученого поля та є рушійною силою самоорганізації.

Висновки

1. У результаті досліджень встановлено, що стан системи самоузгодженої взаємодії процесів проектування, виготовлення та експлуатації на стадіях ЖЦ СВ та ОВТ визначається кінетикою переходу із низькоефективного у високоефективний комплекс, який складається з трьох синергетичних і кінетичних параметрів. Основну функцію у першій групі має зовнішній фактор F_e , який співвідноситься з критичним значенням F_c і тим самим формує параметри відповідного стану системи процесів ЖЦ СВ. Два інших синергетичних параметри визначають область переривчастого перетворення зміни станів функціональної підсистеми експлуатації використовуючи закон дисперсії часу. Результати проведених досліджень дозволяють встановити, що особливість, яка характеризує переривчасте перетворення визначається сепаратрисою на фазовому портреті. Наявність такої критичної залежності від вибору її початкового стану приводить до еволюції системи процесів на стадіях ЖЦ.

2. Визначено, що поведінка системи процесів ЖЦ СВ та ОВТ визначається характерними кінетичними параметрами – дискретні періоди τ_0 , τ_G , τ_F змін функцій випуску Q , G і F . Результати виконаних досліджень доводять, що якщо показник τ_F має найменше значення, то буде реалізований еволюційний характер відповідних змін в системі спільного функціонування процесів проектування, виготовлення та експлуатації на стадіях ЖЦ СВ та ОВТ. При такій ситуації система, що сформована СОТС за короткий період τ_F стабілізує свою поведінку (кореляційна залежність має універсальну ділянку) на всіх стадіях ЖЦ. Такий стан системи буде залежати лише від синергетичних

параметрів. На його зміни не впливають співвідношення тимчасових масштабів τ_0 , τ_G , τ_F . Така комбінація параметрів відповідає ефективним режимам сумісного функціонування системи процесів проектування, виготовлення та експлуатації на стадіях ЖЦ. При значному збільшенні значень для періода функції F відбувається різка зміна фазових портретів, що описують ефективність режимів реалізації взаємодії процесів ЖЦ СВ та ОВТ. Якщо виконується одна з умов $\tau_G \sim \tau_Q \ll \tau_F$, то вважається, що рівень функціональної підсистеми для реалізації проектування СВ та ОВТ має критичне значення.

ВИСНОВКИ

1. Відповідно до моделі, наведеної у міжнародних стандартах серії ISO 9000, ЖЦ СВ та ОВТ може бути представлений комбінацією рівнів проектування, виготовлення та експлуатації. Кожен з цих рівнів являє собою систему, яка може мати незалежний характер застосування результатів. Однак їх інтеграція в загальну систему забезпечує якісно новий набір властивостей і міру корисності продукції, а також збільшення техніко-економічних показників її виготовлення та експлуатації. Стан системи ЖЦ визначається сукупністю умов і засобів спільного функціонування економічних, технічних та соціальних процесів, на які нерівномірно впливає зовнішнє середовище і мають різні рівні стійкості. У такій ситуації управління ЖЦ перетворюється на проблему, яка вимагає застосування спеціальних засобів аналізу, планування та управління за допомогою виробничих функцій.

2. Доведено, що інформаційна підтримка процесів забезпечення відповідності вимогам складних виробів та об'єктів військової техніки на стадіях їх життєвого циклу полягає в необхідності враховувати колективну поведінку складних відкритих організаційних систем, поведінка яких не може бути повністю передбачуваною залежно від стану їх складових компонентів та динамічної зміни внутрішнього і зовнішнього оточення і, як правило, не залежить від попередніх стадій розвитку. Інформація про організованість структур систем та узгодженість результатів їх процесів відіграє основну роль при прийнятті рішень для забезпечення відповідності складних виробів встановленим вимогам.

3. Теоретично обґрунтована організаційна структура інформаційно взаємозв'язаних типових процесів проектування, виготовлення та експлуатації для забезпечення якості складних виробів та об'єктів військової техніки у машинобудуванні на основі декомпозиції ієрархічних функціональних підсистем, ефективність застосування яких визначається функціями випуску на відповідних стадіях ЖЦ і регламентується необхідним рівнем шкали бажаності функції Харрінгтона. Удосконалено взаємозв'язки між складовими

функціональних підсистем на основі комплексного критерію вибору раціональних діапазонів характеристик складних виробів і параметрів процесів залежно від відносної важливості цілей рішень, що приймаються на кожній стадії ЖЦ. Запропоновані моделі залежностей структури параметрів процесів від факторів внутрішнього та зовнішнього середовищ є основою для опрацювання та ефективного використання техніко-економічної інформації при прийнятті рішень на стадіях ЖЦ. Розроблені рекомендації для відповідного нормативно-методичного забезпечення підприємства.

4. Досліджено самоузгоджену взаємодію процесів на стадіях ЖЦ складних виробів та об'єктів військової техніки. Обґрунтовано можливі варіанти прийняття рішень щодо відповідності складних виробів вимогам на стадії проектування на основі вдосконалення методів і засобів оцінки достовірності інформації при комплексному використанні структурно-параметричного моделювання, принципів динамічного програмування, кластерного аналізу та інструментальних засобів зворотних обчислень. Розроблений алгоритм вибору оптимальних режимів взаємодії інформаційно взаємопов'язаних процесів проектування, виготовлення та експлуатації, який дозволяє прогнозувати значення їх параметрів на ранніх стадіях ЖЦ складних виробів. Результати досліджень отримали практичне застосування для підвищення ефективності реалізації процесів проектування, виготовлення та експлуатації компресорного обладнання і поліграфічних паперорізальних машин, що дозволило зменшити в 1,5–1,7 раза собівартість цих складних виробів.

5. Запропоновано підхід до підвищення достовірності інформації для визначення параметрів режиму механічної обробки різанням при виготовленні машинобудівних виробів на основі кореляційної залежності характеристик акустичного сигналу і інтенсивності зношування різального інструменту, що є найменш надійним елементом металорізального обладнання. Вдосконалено методи збору, опрацювання і ефективного використання інформації для прийняття рішень про технічний стан складних виробів і можливість їх подальшої експлуатації для забезпечення якості готової кінцевої продукції на

основі виділення інформативних діагностичних ознак і побудові моделей, які комплексно враховують максимальний і поточний рівень їх параметрів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Dyadyura K. The development of scientific bases of effective use of technical and economic information to ensure the quality of complex products. – Manuscript. The thesis for the doctor's degree of technical sciences in specialty 05.01.02 – standardization, certification and metrological support. Kiev National University of Technologies and Design, Kyiv, 2012.

2. Залога, В.О. Спадкові принципи формування якості складних [Текст]: монографія / В.О. Залога, К.О. Дядюра, В.В. Нагорний. – Суми: СумДУ, 2012. – 347 с.

3. ДСТУ ISO 9000:2015 Системы управления качеством. Основные положения и словарь терминов (ISO 9000:2015, IDT).

4. Zaloga W., Dyadyura K., Rybalka I. Application of process and functional approaches to quality management in the machine-building organization/ Monograph. QUALITY AND RELIABILITY OF TECHNICAL SYSTEMS: THEORY AND PRACTICE. Editors: Andrii Goroshko, Vilen Royzman and Maryna Zembytska – JVE International Ltd., Lithuania, Vol. 2. 2018. P 2-13.

5. Panda, A., Zaloga, V., Dyadyura, K., Rybalka, I., Pandová, I. Modelling business process of manufacturing for air compressors. TEM Journal, 2019, 8(2), pp. 430-436.

6. Panda Anton, Dyadyura Kostiantyn Polymer Composites for Automotive Sustainability. Polymer Bearing Solutions for Lubricated Applications. Monograph – RAM – Verlag, Germany – 2019, P. 131. ISBN: 978-3-942303-84-2.

7. Дядюра К.О., Школа В.Ю. Особливості впровадження інтегрованих систем управління нанотехнологіями // Стратегічне управління системною стійкістю національної інноваційної системи: колективна монографія / за ред. проф. Прокопенко О. В., доц. Омеляненко В. А. – Суми: Триторія, 2019. – С. 156-171.

8. Denysenko Y., Dynnyk O., Yashyna T., Malovana N., Zaloga V. Implementation of CALS-Technologies in quality management of product life cycle

processes. *Advances in Design, Simulation and Manufacturing. DSMIE 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham, 2019, pp. 3–12.

9. 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, Pages 65-74.

10. . Kushnirov P., Zhyhylii D., Ivchenko O. Yevtukhov A., Dynnyk O. Investigation of the dynamic state of adjustable milling heads. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2020, Pages 169-179.

11. Ivanov V., Dehtiarov I., Pavlenko I., Liaposhchenko O., Zaloga V. Parametric Optimization of Fixtures for Multiaxis Machining of Parts. In: Hamrol A., Kujawinska A., Barraza M. (eds) *Advances in Manufacturing II. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2019. Springer, Cham, pp. 335–347, doi: 10.1007/978-3-030-18789-7_28. https://doi.org/10.1007/978-3-030-18789-7_28

12. Sutak D., Hatala M., Zajac J., Radchenko S., Ivanov V., Mitalova Z. Simulation of Air Flow on the Bodywork Automobile with Direct and Side Load. In: Hamrol A., Kujawinska A., Barraza M. (eds) *Advances in Manufacturing II. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2019. Springer, Cham, pp. 228–242, doi: 10.1007/978-3-030-18789-7_20. https://doi.org/10.1007/978-3-030-18789-7_20.

13. Залого В. О. Особливості впровадження інтегрованих систем управління якістю // В. О. Залого, К. О. Дядюра, І. М. Рибалка, Д. О. Грошовик, / Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали та програма VI Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 16–19 квітня 2019 р.) / редкол.: О. Г. Гусак, І. В. Павленко. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – (357 с.) С.72.

14. Залого В. О. Переваги використання CAD/CAM технологій для виготовлення індивідуальних ортезів стопи (ортопедичних устілок) // В. О. Залого, О. О.Залого, А.В. Веселов, М.Л. Сивоконь / Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції 04 — 07 травня 2019 року / Під заг. ред. В. Д. Ковальова. — Краматорськ: ДДМА, 2019. - (130 с.) С. 38-39

15. ДСТУ ISO 50006:2016 (ISO 50006:2014, IDT) – Вимірювання рівня досягнутої/досяжної енергоефективності з використанням базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності. Загальні положення та настанова. – ДП «УкрНДНЦ», Київ. – 2016.

16. ДСТУ ISO 50001:2014 (ISO 50001:2014, IDT) – Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання. – ДП «УкрНДНЦ», Київ. – 2015.

17. Институт управления и оценки бизнеса [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <http://investobserver.info/variaciya-koefficienty-variacii>.

18. Asensi S.S., Soler V.G., Bernabeu E.P. Seven principles of quality management in ISO 9001. Empresa, Dec 2017, pp. 10-18. ISSN: 2254-3376.

19. Benner M.J. Dynamic or static capabilities? Process management practice-sand response to technological change. J. Prod. Innov. Manag. Issue 26 (5), pp. 473–486, 2009.

20. Manders B., de Vries H.J., Blind K. ISO 9001 and product innovation: A literature review and research framework. ELSEVIER SCIENCE BV. Volume 48-49, pp. 41-55. FEB-MAR 2016. ISSN: 0166-4972.

21. Enders C., Lang G.E., Lang G.K., Werner J.U. ISO 9001:2015 Certification in Quality Management (in German). KLINISCHE MONATSBLATTER FUR AUGENHEILKUNDE Volume: 234. Issue: 7, pp. 886-890, JUL 2017. ISSN: 0023-2165

22. Kontogiannis T., Leva M.C., Balfe N. Total Safety Management: Principles, processes and methods. Vol.: 100, pp.: 128-142, DEC 2017. ISSN: 0925-7535

23. Aravind D., Christmann P. Decoupling of standard implementation from certification: does quality of ISO 14001 implementation affect facilities environmental performance. Bus. Ethics Q. Issue 21 (1), pp.73–102, 2011.

24. Boiral O. Managing with ISO systems: lessons from practice. Long Range Plan. Issue 44 (3), pp. 197–220, 2011.

25. Cole R.E., Matsumiya T. Too much of a good thing? Quality as an impediment to innovation. Calif. Manag. Rev. 50 (1), pp. 77–93, 2007.

26. Hammer M., Champy J. Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution (in Russian). Mann, Ivanov and Ferber, 2011. ISBN 978-5-91657-203-2

27. Arauz R., Suzuki H. ISO 9000 Performance in Japanese Industries. Total.Qual. Manag. Bus. Excell. Issue 15 (1), pp. 3–33, 2004.

28. Bayo-Moriones A., Merino-Díaz-De-Cerio J., Escamilla-De-León, S.A., Selvam R.M. The impact of ISO 9000 and EFQM on the use of exible work practices. Int. J. Prod. Econ. Issue 130 (1), pp. 33–42, 2011.

29. Briscoe J.A., Fawcett S.E., Todd R.H. The implementation and impact of ISO 9000 among small manufacturing enterprises. J. Small Bus. Manag. Issue 43 (3), pp. 309–330, 2005.

30. Chandrasekaran R., Karthikeyaan S. Measure of operational performance before and after implementation of ISO 9000 certification in pumpsets manufacturing industries in Co-imbatore, India. J. Contemp. Res. Manag. Issue 4(2), pp. 83–92, 2013

31. ISO 9001:2015 Quality management systems – Requirements [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.iso.org>

32. Abdikeev N.M., Danko. P.P. and others. Reengineering of business processes (in Russian). Eksmo-Press, 2006. ISBN 5699197729

33. Andersen B. Business processes. Tools for improvement (in Russian). Standards and quality, 2007. ISBN 9785949380581

34. DSTU 3524-97 Reliability of technology. Project assessment of the reliability of complex systems, taking into account technical and software and operational personnel. Substantive provisions.

35. Rother Shook. Learn to see the business processes. The practice of constructing maps of value streams (in Russian). Alpina Business Books, 2008. ISBN 978-5-9614-0621-4

36. Kalyanov G.N. Modeling, analysis, reorganization and automation of business processes (in Russian). Finance and Statistics, 2007. ISBN 9785279030385

37. Kiselev A.D., Ildemenov S.V., Danko T.P., Abdikeev N.M. Reengineering of business processes (in Russian). EKSMO, 2007. ISBN: 5-699-19772-9

38. Renadive Foresight: a new evolutionary proactive business model (in Russian). Eksmo, 2008. ISBN 978-5-699-24343-3.

39. Repin V.V. Business processes of the company. Construction, analysis, regulation (in Russian). Business excellence, 2007. ISBN: 9785949380529

40. Repin V.V., Eliferov V.G. Process approach to management. Modeling of business processes (in Russian). Mann, Ivanov and Ferber, 2013. ISBN 978-5-91657-554-5

41. Dzheston, Nelis. Management of business processes. A practical guide to the successful implementation of projects (in Russian). Symbol - Plus, 2008. ISBN 5-93286-113-4/ 978-5-93286-113-4

42. Zaloga V.O., Dyadyura K.O., Nagorny V.V. The hereditary principles of forming the quality of complex machine-building products: monograph (in Ukrainian) - Sumy: SSU, 2012.

43. Zaloga V.A., Dyadyura K.A., Prokopenko A.V. Methodology of increasing the effectiveness of interdependent processes of design, manufacture and operation in engineering projects (in Russian). Cutting and the tool in technological systems: Int. scientific-techn. Collection Kharkov: NTU "KhPI", 2010. - Issue 86. - p. 34-42.

44. Dmitrievsky B.S. Automated information systems for the management of an innovative science-intensive enterprise (in Russian). Moscow: Publishing house Mashinostroenie-1, 2006. ISBN 5-94275-300-8

45. Lutsky S.V. Teoretiko-information approach to the development of technical systems (in Russian). Herald of engine building. Scientific and technical journal. Zaporozhye, Motor Sich JSC., 2007. Issue 2, pp. 28-33.

46. Buryak Yu.I., Insarov V.V. Management in multi-site organizational systems. III: Parametric optimization in a system with several objective functions (in Russian). System Analysis and Operations Research. Izvestiya RAN. Theory and control systems, 2007. Issue 5, pp. 89-99.

47. Mykiychuk M. M. Prospects for the application of cluster analysis at the quality control of products (in Ukrainian). Collection of scientific works. Vestnik NTU, KhPI: New solutions in modern technologies, Herald of NTU KhPI, 2011. Issue 23, pp.59-64.

48. Panda A., Dyadyura K., Bychenko M., Zaborowski T. The research of mechanical properties of epoxy composite materials after thermomechanical loads/Product manufacturing process. Monograph, Poznan, 2019. – P. 22 – 29.

49. Hovorun T.P., Pylypenko O.V., Berladir K.V., Dyadyura K.O., Dunaeva M.N., Vorobiov S.I., Panda A. (2019). Physical-mechanical properties and structural-phase state of nanostructured wear-resistant coatings based on nitrides of refractory metals Ti and Zr. *Funct. Mater.*, 26 (3), pp. 548-555.

50. Mikhalev, A.D., Dyadyura, K.A., Lebedinskyi, I., Bratushka, S.N., Kravchenko, Y.O. Structure, morphology, and elemental-phase composition of j02002 steel as a result of electrolytic-plasma processing. *High Temperature Material Processes*. Volume 23, Issue 1, 2019, Pages 25-36.

51. Berladir, K., Gusak, O., Demianenko, M., Zajac, J., Ruban, A.: Functional properties of PTFE-composites produced by mechanical activation. In: Ivanov V. et al. (eds.) *Advances in Design, Simulation and Manufacturing. DSMIE-2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 391–401 (2020), [https://doi.org/ 10.1007/978-3-030-22365-6_39](https://doi.org/10.1007/978-3-030-22365-6_39).

52. Berladir K., Hovorun T., Bondarenko M., Vorobiov S. (2019). Application of Reinforcing Thermocycling Treatment for Materials of Stamps Hot Deformation. *Journal of Engineering Sciences*, Vol. 6(2), pp. C6-C10, doi: 10.21272/jes.2019.6(2).c2 фахове видання.

53. Anton Panda, Kostiantyn Dyadyura, Jozef Mihok, Iveta Pandová, Daniela Onofreiová: Modeling Modelling of the structure and the required level of performance properties of a polytetrafluoroethylene composites for sealing, *Acta Simulatio*, Vol. 5, No. 1, pages 1-7, 2019 doi:10.22306/asim.v5i1.46.

54. Іванов В.О. Автоматизоване проектування верстатних пристроїв для свердлильно –фрезерно – розточувальних верстатів / В.О. Іванов, С.М. Ващенко, В.О. Залогова // Матеріали доповідей VIII Міжнародної науково-технічної Конференції «Прогресивні технології у машинобудуванні РТМЕ—2019» 4-8 лютого 2019 р. – Івано- Франківськ – Яремче, 2019, - (234 с.) С. 25 – 27.

55. Сивоконь М Л. Об'єднання зусиль медиків та інженерів у СумДУ при виготовленні виробів медичного призначення // М. Л. Сивоконь, О. О. Залога, В. О.Залога, / Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали та програма VI Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 16–19 квітня 2019 р.) / редкол.: О. Г. Гусак, І. В. Павленко. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – (357 с.) С.63.

56. Денисенко Ю. О Управління якістю інструментальної підготовки виробництва: класифікація витрат на якість // Ю. О. Денисенко, В. О. Залога, О. В. Івченко / Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали та програма VI Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 16–19 квітня 2019 р.) / редкол.: О. Г. Гусак, І. В. Павленко. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – (357 с.) С.65.

57. Денисенко Ю.О. Прийняття рішень щодо якості процесів інструментозабезпечення в умовах CALS-технологій // Ю.О. Денисенко, В.О. Залога, О.В. Івченко, А.Ю. Кисилевська / Проблеми енергозбереження і механізації в гірничометалургійному комплексі: матеріали Міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених і студентів – Кривий Ріг: КНУ, 2019. – (326 с.) С.256 – 259.

58. Сивоконь М Л. Об'єднання зусиль медиків та інженерів у СумДУ при виготовленні виробів медичного призначення // М. Л. Сивоконь, О. О. Залога, В. О.Залога, / Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали та програма VI Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 16–19 квітня 2019 р.) / редкол.: О. Г. Гусак, І. В. Павленко. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – (357 с.) С.63.

59. Денисенко Ю. О Управління якістю інструментальної підготовки виробництва: класифікація витрат на якість // Ю. О. Денисенко, В. О. Залога, О. В. Івченко / Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали та програма VI Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 16–19 квітня 2019 р.) / редкол.: О. Г. Гусак, І. В. Павленко. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – (357 с.) С.65.

60. Залога В. О. Особливості впровадження інтегрованих систем управління якістю // В. О. Залога, К. О. Дядюра, І. М. Рибалка, Д. О. Groшовик, / Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали та програма VI Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 16–19 квітня 2019 р.) / редкол.: О. Г. Гусак, І. В. Павленко. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – (357 с.) С.72.

61. Денисенко Ю.О. Прийняття рішень щодо якості процесів інструментозабезпечення в умовах CALS-технологій // Ю.О. Денисенко, В.О. Залога, О.В. Івченко, А.Ю. Кисилевська / Проблеми енергозбереження і механізації в гірничометалургійному комплексі: матеріали Міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених і студентів– Кривий Ріг: КНУ, 2019. – (326 с.) С.256 – 259.

62. Денисенко Ю.О. Підвищення якості інструментальної підготовки машинобудівного виробництва шляхом вдосконалення нормативної бази // Ю.О.,Денисенко, В.О Залога./ Збірник наукових праць X Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю «Процеси механічної обробки, верстати та інструмент», 6–9 листопада 2019 року.– Житомир : Державний університет «Житомирська політехніка», 2019. – (211 с.) С.99-101.

63. Денисенко Ю.О. Система оцінювання ризиків відмов інструменту //Ю.О.,Денисенко, В.О Залога., І.Е Іваненко /Збірник наукових праць X Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю «Процеси механічної обробки, верстати та інструмент», 6–9 листопада 2019 року.–Житомир : Державний університет «Житомирська політехніка», 2019. – (211 с.) С.101-102.

64. Фундаментальні аспекти прийняття рішень в системі інструментального забезпечення машинобудівних виробництв // [Електронний ресурс]. – URL: [http://sumdu.edu.ua/images/stories/scientific_inf/research/report/interim2016-Zaloga\(1\).pdf](http://sumdu.edu.ua/images/stories/scientific_inf/research/report/interim2016-Zaloga(1).pdf).

65. Івченко О. В. Управління якістю інструментальної підготовки виробництва багатомноменклатурного машинобудівного підприємства: дис. ...

канд. техн. наук: 05.01.02 / Івченко Олександр Володимирович. – К., 2009. – 278 с.

66. Сеппанен О. «Повышение энергоэффективности. Законодательство ЕС [Электронный ресурс] // Здания высоких технологий. URL: http://zvt.abok.ru/articles/80/Povishenie_energoeffektivnosti_Zakonodatelstvo_ES (Дата звернення: 20.02.2019).